Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

Dr. G. Hagen,
Geheimen Ober-Baurath und Mitglied der Academie der Wissenschaften
in Berlin.

Erster Theil:

Die Quellen.

Mit 21 Kupfertafeln.

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage.

Königsberg in Preussen
bei den Gebrüdern Bornträger.
1853.

Vorrede.

Der vorliegende erste Theil des Handbuches der Wasserbaukunst enthält die Beschreibung derjenigen Anlagen, wodurch kleinere Wassermassen aufgefangen, geleitet, abgesperrt oder in ihren Wirkungen unschädlich gemacht werden; er behandelt also im Allgemeinen die Quellen. Die beiden folgenden Theile, zu denen die Materialien grösstentheils schon gesammelt und geordnet sind, werden die Ströme und das Meer umfassen.

Die einzelnen Gegenstände sind in der Art vorgetragen, dass zuerst der Zweck und die Wirksamkeit jeder hydrotechnischen Anlage näher erörtert und daraus die Bedingungen und Rücksichten hergeleitet werden, die man bei der Anordnung des Baues oder bei der Entwerfung des Projectes zu beobachten hat; sodann aber werden die verschiedenen Constructionsarten, soweit sie in jedem Falle angewendet sind, möglichst vollständig beschrieben.

Um die Wirkungen der Wasserbauwerke richtig zu beurtheilen, ist es nöthig, den Zusammenhang der dabei vorkommenden Erscheinungen aufzufassen. Die Erfolge, die man herbeiführen will, und ebenso auch diejenigen,

*

die zuweilen unerwartet eintreten, können zwar nur in den Gesetzen der Mechanik und in den physischen Eigenschaften der Körper ihre Begründung finden; man sucht aber meist vergeblich in der Mechanik und Physik die Aufklärung der Verhältnisse, die hier vorkommen. Manche Erscheinungen, die für den Wasserbau besonders wichtig sind, blieben bisher beinahe ganz unbeachtet, und bei andern hat man sich damit begnügt, gewisse algebraische Ausdrücke mit einigen wenigen Messungen ungefähr in Uebereinstimmung zu bringen. Auf solche Art sind die meisten sogenannten Theorien entstanden; allgemeine Gültigkeit kann man von ihnen eben so wenig erwarten, als sie eine solche wirklich zeigen, doch eben deshalb dürfen sie weder als unumstössliche Wahrheiten angesehn werden, durch deren Entdeckung jede weitere Untersuchung abgeschnitten wurde, noch auch liefern sie den Beweis, dass eine gründliche Forschung in diesem Gebiete zu keinem sichern Resultate führt. Ihre Unhaltbarkeit ist die natürliche Folge ihrer Unvollständigkeit. Vor Allem fehlte es bisher an genauen und vielseitigen Beobachtungen, die einer umfassenden Theorie zum Grunde gelegt werden konnten; sodann aber geschah die Zusammenstellung und Benutzung der beobachteten Resultate auch gar zu willkürlich und keineswegs nach den bestimmten Methoden, welche die Mathematik auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte für solche bezeichnet.

Die weitere Ausbildung des wissenschaftlichen Theiles der Wasserbaukunst steht mit der Praxis in sehr naher Beziehung, denn nur durch sie darf man diejenige Sicherheit in der Anordnung der Wasserbauwerke zu erreichen hoffen, welche man so häufig vermisst und deren Mangel sich noch immer in der Unzulänglichkeit mancher Anlagen

zu erkennen giebt. Die Ausfüllung dieser Lücke ist ohne eine kräftige Unterstützung von Seiten der Gouvernements gar nicht denkbar. Zunächst kommt es indessen darauf an, die Lücken bestimmt nachzuweisen und zu zeigen, ob und in welchem Falle man den Regeln und Formeln, die der Wasserbaumeister gegenwärtig benutzt, einige Gültigkeit beilegen darf; ich habe es versucht, diese Aufgabe zu lösen.

Die verschiedenen Constructionen, die man bei gleichartigen Anlagen wählen kann und an verschiedenen Orten auch wirklich zu wählen pflegt, sind zum Theil durch Localverhältnisse bedingt, zum Theil aber stehn sie sich an Zweckmässigkeit und Solidität auch keineswegs gleich; einzelne darunter verdienen ohne Zweifel eine allgemeinere Anwendung. Ich habe mich bemüht, sie möglichst vollständig zu sammeln, und soweit es geschehn konnte, auch die Data anzuführen, welche ein Urtheil über ihre Brauchbarkeit begründen. Indem die Einführung des Neuen und Fremden gewöhnlich Misstrauen erregt, so wäre kaum zu erwähnen, dass man dieses nur mit grosser Vorsicht versuchen darf. Dagegen muss man aber auch nicht unbeachtet lassen, dass eine Methode, die durch lange Praxis sich bereits bewährt hat, deshalb noch nicht unbedingt die beste ist, und wenn der Versuch, sie durch eine andere zu ersetzen, missglückt, so folgt daraus wieder noch nicht immer, dass die neue Methode an sich unpraktisch war, denn auch durch Unvorsichtigkeit missräth Vieles.

Die ausführende Wasserbaukunst ist in der neueren Zeit hauptsächlich durch die vielfache Anwendung von Maschinen sehr vervollkommnet worden. Die Prüfung und Zubereitung der Materialien, ihre Versetzung und

Aufstellung, sowie auch die Untersuchung ihrer spä
Lage lässt sich zuweilen durch besondere Maschinen
sicherer, schneller, und wenn die Operationen sich vie
wiederholen, auch wohlfeiler bewirken, als dieses d
unmittelbare Handarbeit und durch gewöhnliche Werkz
möglich war. Die Maschinenlehre ist sonach ein we
licher Theil der Wasserbaukunst geworden, und v
die Kenntniss derselben im Allgemeinen auch vorausge
werden musste, so konnte die Beschreibung der hie
gehörigen Apparate doch um so weniger umgangen wer
als eine grosse Vorsicht und Ueberlegung bei ihrer
ordnung und Aufstellung unerlässliche Bedingung ist.

Berlin, im December 1840.

G. Hage

Seit der ersten Bearbeitung dieses Theiles des H
buches ist die Wasserbaukunst durch sehr wichtige
fahrungen und Erfindungen bereichert. Ich habe diesel
soweit sie hierher gehören, eingeschaltet. Ausser
mussten einige der früheren Mittheilungen berichtigt wer
auch ist die Fassung vielfach verändert. In der An
nung des ganzen Werkes und der Art der Behand
der Gegenstände ist derselbe Plan verfolgt, den die
Vorrede bezeichnet.

Berlin, im September 1852.

G. Hage

Inhalts-Verzeichniss
des ersten Theiles.

Erster Abschnitt.

Atmosphärischer Niederschlag und Verdunstung.

§. 1.

Entstehung des Regens.

Verschiedene hydrotechnische Anlagen haben allein den Zweck, dasjenige Wasser zu sammeln oder abzuleiten, welches als Regen oder Schnee auf die Erdoberfläche herabfällt. Schon aus diesem Grunde wird die Erwähnung einiger Beobachtungen über die Menge des atmosphärischen Niederschlages nicht überflüssig erscheinen; der Gegenstand gewinnt aber für den Wasserbaumeister noch an Wichtigkeit, insofern das Wasser, welches als Regen oder in andern Formen aus der Luft niederschlägt, die alleinige Veranlassung zum Entstehn der meisten Quellen ist, und Bäche, Flüsse und Ströme ihren Ursprung und ihre Speisung demselben allein verdanken.

In den Bächen und Flüssen wird jedoch nicht die ganze Wassermenge des atmosphärischen Niederschlages aufgenommen; ein grosser Theil desselben wird durch die Verdunstung schon früher der Erdoberfläche entführt. Kennt man das Maass beider, so kann man aus der Ausdehnung der Fläche, die dem Flusse das Wasser liefert, auf seine Reichhaltigkeit schliessen. Es zeigt sich freilich, dass theils die Beobachtungen über die Menge des Niederschlages sehr abweichende Resultate geben, und theils auch die Beschaffenheit des Bodens einen grossen Einfluss auf die Bildung der Quellen ausübt: wenn aber keine directe Messung der Wassermenge möglich ist, so gewährt diese Methode doch wenigstens einigen Anhalt, und namentlich wird man in den Fällen sie benutzen müssen, wenn es darauf ankommt, das Verhalten unter gewissen Umständen zu beurtheilen, zu deren directer Beobachtung die passende Gelegenheit nicht abgewartet werden kann.

Die Ursache der Circulation des Wassers, wodurch da von sumpfigen Niederungen und selbst von dem Ocean z auf die höchsten Gebirge geführt, und über die ganze Obe der Erde verbreitet wird, beruht in der Eigenschaft der eine gewisse Quantität Wasserdunst in sich aufzunehmen sie jedoch unter veränderten Umständen wieder ausstöss weniger Wassertheilchen die Luft enthält, um so begieriger sie das Wasser auf, und um so stärker verdunstet dahe von ihr berührte Wasserfläche. In dem Maasse, wie sich der Wasserdunst in der Luft anhäuft, vermindert sich auc Fähigkeit, noch mehr Wassertheilchen aufzunehmen, u tritt endlich eine vollständige Sättigung ein, worauf die dunstung aufhört. Dieser Sättigungspunkt ist jedoch nicht stant, sondern von der Temperatur abhängig: je wärme Luft ist, desto mehr Wasser nimmt sie auf.

Unter Voraussetzung der von Regnault*) ermittelten S nungen des Wasserdampfes enthält 1 Rheinländischer Cubi Luft bei dem mittleren Drucke von 28 Par. oder 29 Rhl. die in der zweiten Spalte der nachstehenden Tabelle angeg Anzahl Gran Wasser. Die dritte Spalte bezeichnet dagege Wassergehalt einer gleichfalls gesättigten Luftmasse, wel der Temperatur des Gefrierpunktes 1 Cubikfuss misst.

Temperatur n. Réaumur	Wassergehalt in Gran in 1 Cub. Fuss	in constanter Luft masse.
— 8°	1,76	1,69
— 4°	2,07	1,90
0°	2,48	2,48
+ 4°	2,98	3,04
+ 8°	3,62	3,76
+ 12°	4,42	4,67
+ 16°	5,41	5,81
+ 20°	6,63	7,25
+ 24°	8,11	9,02

*) *Relation des expériences sur les principales lois des mac à vapeur.* Paris 1847.

Wird sonach eine mit Wasserdunst gesättigte Luftmasse erwärmt, so erhält sie von Neuem das Vermögen, noch mehr Wasser in sich aufzunehmen; wird sie dagegen abgekühlt, so stösst sie einen Theil des Wassers von sich, das sie bisher gebunden hatte. Letzteres scheidet alsdann als sichtbarer und feuchter Nebel oder als Wolke aus der bisher ganz durchsichtigen Luft aus, und indem die feinen Wassertheilchen sich nach und nach zu Tropfen verbinden, so fallen sie als Regen nieder.

Die vorstehende Tabelle zeigt noch, dass bei gleichen Temperaturveränderungen der Sättigungspunkt sich nicht gleichmässig verändert, sondern dass bei höherer Temperatur eine Aenderung von 4 Graden die Luft zur Aufnahme einer grösseren Wassermenge fähig macht, als bei einer niedrigeren Temperatur. Hieraus folgt zunächst, dass im Allgemeinen die atmosphärischen Niederschläge in heissen Zonen reichhaltiger sein müssen, als in kalten. Es ergiebt sich daraus aber ferner, dass zur Bildung dieser Niederschläge keine fremdartige Veranlassung zur Abkühlung der Luft erforderlich ist, sondern dass zwei mit Wasserdunst gesättigte Luftmassen von verschiedener Temperatur bei ihrem Zusammentritt und bei erfolgender Ausgleichung jedesmal einen Theil des enthaltenen Wassers ausstossen, indem die mittlere Temperatur nicht mehr der mittleren Wassermenge entspricht, sondern immer einer kleinern, woher ein Theil derselben frei wird. Dem letzten Umstande scheinen die atmosphärischen Niederschläge vorzugsweise ihre Entstehung zu verdanken, und es darf nicht befremden, dass dieselben so höchst ungleichmässig über die Erdoberfläche vertheilt sind. Diejenigen Flächen, welche der Einwirkung der Sonne durch Waldungen oder vortretende Gebirge entzogen sind, und welche daher kühl und feucht bleiben, können bei eintretender Lufteirculation nur einen kältern mit Wasser gesättigten Luftstrom dem wärmeren entgegen stellen. In ihrer Nähe wird daher vorzugsweise häufiger Regen erfolgen. Oede Steppen dagegen von grosser Ausdehnung, welche der Erhitzung durch die Sonnenstrahlen ganz frei gestellt sind, theilen die Wärme, die sie empfangen, der umgebenden Luft aufs Neue mit und steigern dadurch deren Capacität zur Aufnahme von Wasser. Auf solche Art rückt der Sättigungspunkt noch weiter

heraus: ein Zusammentreffen mit einem kältern gesättigten Luftstrom giebt keinen Niederschlag mehr, und die Trockenheit des Landes verhindert selbst die Bildung des Regens.

Besonders auffallend ist in dieser Beziehung der Einfluss der Waldungen. In früheren Zeiten wurden in Ober-Aegypten Reisende durch Regen oft aufgehalten, seitdem aber die Araber alle Bäume daselbst gefällt haben, regnet es gar nicht mehr. Der umgekehrte Fall ist in Nieder-Aegypten eingetreten. Bei der französischen Expedition hatte es nach der Mittheilung des Marschalls Marmont, vom Novbr. 1798 bis Ende August 1799 in Cairo nur einmal, und zwar nur eine halbe Stunde geregnet: jetzt dagegen, nachdem die Baumcultur sehr gehoben ist, und wie man sagt, 20 Millionen Stämme gepflanzt sind, zählt man jährlich schon 30 bis 40 Regentage, und im Winter regnet es nicht selten bis 5 Tage nach einander.*) Auf eine minder auffallende Weise hat man auch in Europa und in Nord-Amerika bemerkt, dass beim Lichten der Waldungen der Regen sich verminderte.**)

Am auffallendsten giebt sich diese Verminderung des Niederschlages in derjenigen Jahreszeit zu erkennen, wenn die Verdunstung am stärksten, und sonach der Wassermangel am fühlbarsten ist. Daher geschieht es, dass bei zunehmender Bodencultur die Flüsse im Sommer an Reichhaltigkeit verlieren, während die Gräben und sonstigen Vorfluths-Anlagen ihnen nach jedem stärkeren Regen und noch mehr beim Schmelzen des Schnees grosse Wassermassen zuführen, und daher die Anschwellungen in hohem Grade verstärken. Nach den Briefen des Kaisers Julian veränderte sich der Wasserstand der Seine innerhalb Paris im vierten Jahrhundert nicht bedeutend, und ihr Wasser blieb immer klar, woher es als schönes Trinkwasser galt. Jetzt dagegen erhebt sich der Strom zur Zeit der Anschwellungen bis 30 Fuss über seinen niedrigsten Stand, und

*) Spätere Mittheilungen der Akademie der Wissenschaften zu Paris haben gegen diese Angabe einige Zweifel angeregt, woher die Veränderung des Klima's in Aegypten nicht ganz so gross zu sein scheint, wie der Bericht des Marschalls Marmont besagt.

**) Poggendorff's Annalen, Band 38, S. 622.

sein Wasser bleibt immer so trübe, dass es gar nicht mehr als Trinkwasser benutzt wird. *)

In einem heissen Klima und auf weit ausgedehnten kahlen Flächen kann die Verdunstung im Verhältnisse zum Niederschlage so zunehmen, dass Wassermengen, welche sich schon zu Strömen angesammelt hatten, beim Eintritt in grosse Niederungen oder weite Landseen wieder vollständig verdunsten: die Seen dieser Art können also nicht überfliessen, oder sie haben keinen Abfluss nach dem Ocean. Wahrscheinlich werden solche Erscheinungen zuweilen noch durch andere locale Umstände befördert; in unserm Klima ist das Eintreten ähnlicher Verhältnisse undenkbar, wenigstens können sie sich nur im kleinen Maasstabe zeigen. Sehr beachtungswerth bleibt jedoch die Erfahrung, dass durch das Ausroden der Waldungen und durch Einführung des Ackerbaues nicht nur die Verdunstung befördert wird, und sonach die Quellen minder reichhaltig werden, da sie nur den Ueberschuss des Niederschlages gegen die Verdunstung den Strömen zuführen, sondern dass ausserdem auch die Masse des Niederschlages selbst sich vermindert. So sollen in Nord-Amerika die heftigen und anhaltenden Frühlingsregen in den Gegenden sehr merklich abnehmen, wo die Waldungen verschwinden, und es dürfte hierin die Erklärung mancher klimatischen Veränderung in Europa liegen.

Die verschiedenartigen Formen, in denen der atmosphärische Niederschlag sich zeigt, sind vorzugsweise Regen, Schnee und Hagel, und auf diese bezieht sich das vorstehend Gesagte. Der Thau, der bei niedriger Temperatur sich als Reif darstellt, gehört freilich auch hierher, doch ist er von jenen insofern verschieden, als sein Eintreten und seine Reichhaltigkeit von der Beschaffenheit der Körper abhängt, an denen er sich zeigt. Wenn letztere in klaren Nächten die Wärme stark ausstrahlen, und sonach schnell erkalten, so kühlen sie auch die zunächst umliegende Luftschicht ab, und indem dadurch wieder Wassertheilchen frei werden, sammeln sich diese als Thautröpfchen auf dem Rasen, oder bei stärkerer Abkühlung bilden

*) Dausse, *de la pluie et de l'influence des forêts sur le cours d'eau. Annales des ponts et chaussées.* 1842. *II. pag.* 184.

sie die feinen Eiskrystalle, die man Reif nennt. Auf diese Bildung hat die Beschaffenheit der Erdoberfläche einen wesentlichen Einfluss; ein kahler Boden zeigt selten Spuren davon, während er auf dem Rasen sich zeigt; auch in Waldungen kommt der Thau nicht vor, und allgemein ist er auf solchen Flächen am häufigsten, welche durch eine besonders freie Lage der stärksten Wärmeausstrahlung fähig sind. Unter diesen Umständen bietet die Messung der jährlich niederschlagenden Thaumenge grosse Schwierigkeiten, und bleibt sehr unsicher. Dalton schätzte ihre Höhe für England (wahrscheinlich viel zu hoch) auf 5 Zoll, zu Viviers wurde dagegen diese Höhe nur zu 2,9 Linien beobachtet.*) Für den vorliegenden Zweck ist der Umstand besonders wichtig, dass bei weitem der grösste Theil des Thaues wieder durch Verdunstung entschwindet und nur selten ein Tropfen auf den Boden gelangt; es kann daher diese Form des Niederschlages hier unbeachtet bleiben.

§. 2.

Messung der Regenmenge.

Zur Bestimmung der Wassermenge, die als Regen niederfällt, dient der Regenmesser, auch Ombrometer oder Udometer genannt. Mit demselben kann auch der Hagel gemessen werden, wenn er geschmolzen ist. Der Schnee bietet dagegen einige Schwierigkeit, indem er bei seiner grossen Beweglichkeit sich so verschiedenartig ablagert, dass die im Ombrometer aufgefangene Masse desselben nicht leicht der niedergefallenen Quantität entspricht. Jedenfalls muss aber der Schnee geschmolzen sein, ehe die Wassermenge bestimmt werden kann, denn bei der sehr ungleichmässigen Dichtigkeit des Schnees, dessen spezifisches Gewicht zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{24}$ variirt, kann die Höhe desselben keinen Maasstab für seine Masse abgeben.

Der gewöhnliche Regenmesser (Taf. I. Fig. 1) besteht aus einem Kasten von 1 bis 4 Quadratfuss Oberfläche, der mit einer niedrigen Seitenwand versehn, und oben offen ist. Der Boden ist flach geneigt, und über denselben fliesst das Wasser nach einer Röhre, die es in ein darunter gestelltes Gefäss führt. Die

*) Forbes, Abriss der Meteorologie.

Wassermenge wird aber entweder durch unmittelbares Ausmessen oder durch Abwiegen bestimmt. Auf diese Art erfährt man, wie viele Cubikzolle Wasser in den Kasten gefallen sind: dividirt man diese Zahl durch die Oberfläche des Kastens, in Quadratzollen ausgedrückt, also für die angenommene Grösse des Regenmessers von 4 Quadratfuss durch 576, so ergiebt sich, wie hoch das beim Regen herabgefallene Wasser den Erdboden bedecken würde, wenn derselbe horizontal, und zum Einsaugen des Wassers nicht fähig wäre. Diese Höhe gilt gewöhnlich für das Maass, in welchem man die Quantität des Regens ausdrückt.

Damit die Beobachtungen dieser Art einigermaassen genau ausfallen, muss zunächst für die waagerechte Aufstellung des Kastens, und zwar des obern Randes desselben gesorgt werden, weil sonst beim schrägen Herabfallen der Tropfen leicht zu viel oder zu wenig Wasser aufgefangen werden könnte. Ferner wird nach dem Regen ein Theil des Wassers an den Wänden und auf dem Boden des Kastens haften, ohne in das Gefäss zu fliessen; bei schwachem Regen kann es sogar geschehn, dass die ganze Masse hier hängen bleibt, und durch die bald darauf erfolgende Verdunstung sich der Beobachtung gänzlich entzieht. Durch Auswischen mit einem Schwamme, der vorher gewogen ist, kann man auch diese Wassermasse auffangen und untersuchen. Endlich bietet das untergestellte Gefäss, wenn es eine passende Form hat, zwar nur eine geringe Wasseroberfläche dar, und die Verdunstung in demselben ist alsdann nicht bedeutend: nichts desto weniger kann letztere sehr gross werden, wenn die Nachmessung erst nach längerer Zeit vorgenommen wird. Um diesen Mängeln zu begegnen, hat man den Gebrauch von Apparaten vorgeschlagen, worin das einfliessende Wasser eine Art Uhrwerk in Bewegung setzt, und sich dadurch selbst registrirt, in ähnlicher Art, wie auf den Salinen die gehobene Soole gewöhnlich gemessen wird. Dass durch dieses Mittel die Genauigkeit der Beobachtung sehr verliert, bedarf kaum der Erwähnung: nichts desto weniger theile ich die Beschreibung einer Vorrichtung dieser Art dennoch mit, weil dieselbe auch in andern Fällen, wie z. B. bei Wasserleitungen zuweilen Anwendung findet.

In Fig. 2 sind *A* und *B* zwei gleich grosse Kasten, deren jeder etwa 10 Cubikfuss fasst; das Wasser oder die Soole fliesst

aus der Röhre *L* durch den Trichter *R* in einen oder den andern dieser Kasten, je nachdem der Trichter die in der Figur angedeutete Lage, oder eine entgegengesetzte einnimmt. Dieser Trichter ist nämlich am Balancier *CD* befestigt und dreht sich mit demselben um die horizontale Axe *K*. Damit der Balancier nicht schwankt und jedesmal seine Stellung behält, wobei das Wasser über die Mittelwand fort nach einem oder dem andern Kasten fliesst, so liegt in jedem Arme des Balanciers eine eiserne Kugel *E*, *C*, von denen die äussere, also in der Figur die Kugel *C*, ein entschiedenes Uebergewicht bildet. Sobald der Kasten *A* beinahe bis zum Rande angefüllt ist, fängt das Wasser an, durch eine Seitenrinne in den kleinen Eimer *N* überzufliessen, und füllt denselben sehr schnell an, obgleich er im Boden mit einer geringen Oeffnung versehn ist. Dieser Eimer hängt am Ende des Balanciers, und wenn er beinahe gefüllt ist, so hebt er das Uebergewicht der Kugel *C* auf und verursacht dadurch die Drehung des Balanciers. Letzterer bewegt sich Anfangs langsam, aber sobald er die horizontale Lage überschreitet, so fangen auch die Kugeln *C* und *E* zu rollen an, und indem die letzte nach *D* gelangt, so stösst der Balancier mit Heftigkeit auf die Seitenwand des Kastens *A* und nimmt diese Stellung mit Sicherheit ein, wodurch das Wasser nunmehr in den Kasten *B* geführt und der leere Eimer *M* gehoben wird. Bei der Bewegung des Balanciers wird mittelst einer über die Rolle geführten Leine die Klappe *P* am Boden des Kastens *A* gehoben, und die darin befindliche Wassermasse fliesst aus. Auch der Eimer *N* entleert sich durch die im Boden angebrachte kleine Oeffnung. Auf solche Art füllt sich abwechselnd der eine nnd der andere Kasten, und die beiden Sperrhaken, die vom Balancier nach dem Rade *Q* hinaufgehen, von denen der eine zieht und der andere schiebt, rücken bei jedem einzelnen Stosse des Balanciers das Rad um einen Zahn und zwar immer in derselben Richtung weiter, woher der an der Axe befestigte Zeiger die Anzahl der vorkommenden Abwechselungen bezeichnet. Durch Verstellung der Abflussrinnen, welche das Wasser aus dem Kasten in die Eimer leiten, und durch andere Veränderungen, kann man leicht bewirken, dass die gesammte Wassermasse, die jedesmal in einen Kasten fliesst, ein bestimmtes Volumen einnimmt.

Zur Messung der Regenmenge wendet man nicht leicht so complicirte Apparate an, vielmehr begnügt man sich für diesen Zweck mit einem kleinen Kipptroge Fig. 3, bei dem das Wasser jedesmal in das obere Reservoir fliesst, welches durch die Füllung selbst das Uebergewicht bildet, und dadurch die veränderte Stellung hervorbringt. Um die Anzahl der erfolgten Stösse zu markiren, darf aber auch hier die Anbringung eines Räderwerks nicht fehlen. Es muss dabei noch bemerkt werden, dass Fig. 3, um die Aufstellung des Kipptroges zu verdeutlichen, zwar mit Fig. 1 in Verbindung gesetzt, jedoch in einem viel grösseren Maasstabe gezeichnet ist.

Mohr, dessen Beobachtungen im Folgenden mitgetheilt werden sollen, leitet das Wasser aus dem Regenmesser in ein Gefäss, in dessen Seitenwand sich ein Heber befindet, der mit seinem kürzeren Schenkel bis zum Boden dieses Gefässes herabreicht. Sobald Letzteres sich bis zum Scheitel des Hebers angefüllt hat, so tritt dieser in Wirksamkeit, und entleert schnell das Gefäss. Er giesst das Wasser wieder in einen kleinen Eimer, der am Boden mit einer Oeffnung versehn ist, und auf einem Hebel steht. Wenn der Eimer leer ist, so wird er durch das Gegengewicht gehoben, sobald er sich aber mit Wasser füllt, so bildet er ein starkes Uebergewicht und dreht den Hebel. Auf diese Art wird die Regenmenge durch die Anzahl der Stösse des Hebels gemessen *).

Endlich zeigt sich beim Gebrauche des Regenmessers noch eine bedeutende Unsicherheit, insofern die Höhe, worin er aufgestellt ist, einen augenscheinlichen Einfluss auf das Resultat ausübt, und zwar findet man die Regenmenge um so kleiner, je grösser die Höhe ist, in welcher die Beobachtungen angestellt werden. Dalton bemerkte schon, dass auf einem 150 Fuss hohen Thurme die Regenmenge im Sommer um ein Drittel und im Winter sogar um die Hälfte geringer war, als die, welche unten beobachtet wurde. Eben so grosse Unterschiede hat man auch in neuerer Zeit in York wahrgenommen. Ein Regenmesser war daselbst in einem Garten, ein zweiter 44 Fuss höher auf dem

*) Dingler's Polytechnisches Journal Bd. 83. Seite 374.

Museum und ein dritter 169 Fuss höher auf dem Münster aufgestellt. Die jährlichen Regenmengen ergaben sich *)

	im Garten —	auf d. Museum —	auf d. Münst.
vom Febr. 1832 — 1833:	23,8 Zoll	20,2 Zoll	15,7 Zoll
vom Febr. 1833 — 1834:	25,7 -	19,9 -	15,0 -

Aehnliche Unterschiede zeigen auch die von 1818 bis 1837 auf der Terrasse und dem Hofe der Pariser Sternwarte angestellten Beobachtungen **). Der Höhenunterschied beträgt 89 Rhl. Fuss, und es ergiebt sich die durchschnittliche Höhe des Niederschlages in Rheinländischen Zollen

	in 1 Jahr	im Januar	im August
auf dem Hofe	21,88	1,45	1,81
auf der Terrasse . . .	19,18	1,22	1,68
Unterschied	2,70	0,23	0,13

Es zeigt sich also auch hier sehr deutlich, dass im kältesten Monat der Unterschied der Höhe einen grösseren Einfluss auf die Regenmenge hat, als mitten im Sommer.

Fragt man nach der Ursache dieser auffallenden Erscheinung, so deuten die einzelnen Messungen schon den grossen Einfluss des Windes an. Die Unterschiede sind jedesmal um so grösser, je heftiger der Wind während des Regens war; doch bleiben sie auch bei ruhiger Luft noch merklich. Die Ablenkung der Tropfen von der lothrechten Richtung, die offenbar wegen des heftigern Windes in der grösseren Höhe auch bedeutender ist, kann natürlich das Phänomen nicht veranlassen, indem der horizontale Abstand der Tropfen durch die schräge Richtung nicht verändert wird. Dagegen ist hierbei gewiss der Umstand von grosser Wichtigkeit, dass die Luft nicht mit aufgefangen wird, und indem der Luftstrom dem Regenmesser ausweicht, so reisst er eine Masse Wasser mit sich, und führt sie seitwärts vorbei. Diese Wirkung kann auch in dem Falle nicht ganz verschwinden, wenn der Wind aufhört, oder wenn die Bewegung der Luft für das Gefühl unmerklich wird, denn die feinen Wassertheilchen, die nicht sichtbar herabfallen, sondern noch schwebend sich langsam senken, weichen wieder mit dem schwachen Luft-

*) Forbes, Abriss der Meteorologie, übersetzt von Mahlmann. Berlin 1836.

**) *Annales des ponts et chaussées* 1842. I. *pag.* 187.

ne dem Regenmesser aus, und selbst wenn der Luftstrom
t aufhören sollte, so können sie nicht so vollständig von
Regenmesser aufgenommen werden, als sie über dem Erd-
en sich ansammeln, und hier ungestört niedersinken.

§. 3.

Beobachtete Regenmengen.

Was die Resultate der vorstehend beschriebenen Messun-
betrifft, so ergiebt es sich schon aus dem Gesagten, dass
Regenmenge durch verschiedene locale Verhältnisse bedingt
l, und daher nicht überall dieselbe ist. Ausserdem zeigen
auch zwischen den an einem und demselben Orte ange-
lten Beobachtungen so grosse Differenzen, dass die in einem
e gefundene Regenmenge oft nur die Hälfte, auch wohl nur
dritten Theil von der beträgt, die in einem andern Jahre
daselbst beobachtet wurde; wenigstens ergeben dieses die
nsern Gegenden angestellten Messungen, wie nachstehende
elle zeigt.

n Jahr	Königsberg	Breslau	Münster	Düsseldorf	Coblenz.
15				23,5	
16				33,1	
17				26,3	
18	18,1			21,7	
19	19,6		24,2	20,0	20,2
20	26,8		34,2	25,8	20,1
21	27,0		33,6	32,0	27,6
22	24,8		19,8	15,7	14,8
23			27,7	26,4	20,4
24			32,5		25,7
25		12,3	15,3		16,2
26		11,0	12,7		14,6
27		16,1			22,6
28		19,7			22,4
29		32,2			28,5
30		21,0			20,3
31		23,2			16,3

Im Jahr	Königsberg	Breslau	Münster	Düsseldorf	Coblenz.
1832					20,8
1833					19,5
1834					15,1
1835 . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	20,1
1836					22,6
1837					22,6
1838					18,6

Es ergiebt sich hieraus, dass die Beobachtungen eine längere Zeitperiode umfassen müssen, wenn man die mittlere jährliche Regenmenge daraus mit einiger Sicherheit herleiten will.

Die folgende Tabelle weist die aus mehrjährigen Beobachtungen hergeleiteten Mittelzahlen für verschiedene Orte des In- und Auslandes nach. Ich habe dieselben grösstentheils aus Kämtz „Lehrbuch der Meteorologie, Halle 1831," zum Theil aber auch aus Schübler's „Grundsätze der Meteorologie, Leipzig 1831," entlehnt, und sie durch einige andere Notizen vervollständigt. Sämmtliche Angaben sind in Zollen ausgedrückt, doch ist dieses theils Rheinländisches, theils Pariser, und theils Englisches Maass; eine Reduction konnte nicht vorgenommen werden, weil häufig das Maass nicht näher bezeichnet war, man kann aber hierüber fortsehn, insofern die betreffende Correction im Vergleich zu den noch bleibenden Abweichungen unbedeutend ist.

Beobachtungs-Ort	Regenmenge	Dauer der Beobachtungen.	
Berlin	19,3 . . .	12 Jahre,	1728—1739
Königsberg . . .	23,3 . . .	5 „	1818—1822
Breslau	23,9 . . .	10 „	
Sagan (Schlesien) .	21,3 . . .	10 „	
Wittenberg . . .	18,9 . . .		
Erfurt	12,6 . . .	7 „	
Göttingen	24,9 . . .	4 „	1783—1785 u. 1787
Cuxhafen	29,2 . . .	10 „	
Salzuffeln bei Lippstadt	26,9 . . .	3 „	
Münster	25,0 . . .	8 „	1819—1826
Düsseldorf	24,9 . . .	9 „	1815—1823

eobachtungs-Ort	Regenmenge	Dauer der Beobachtungen.
enz	20,5 . . .	20 Jahre, 1819—1838
r	27,9 . . .	8 „
nheim	21,0 . . .	12 „ 1781—1792
sruhe	25,5 . . .	35 „ (Maximum 1819 mit 33,2 Zoll. — Minimum 1834 mit 17,0 Zoll)
tgart	26,6 . . .	24 „ 1825—1848
ngen	23,9 . . .	10 „ 1819—1828
zburg	14,0 . . .	7 „ 1781—1783 u.1785—1788
. . . .	25,1 . . .	6 „
sburg	36,2 . . .	14 „
rnsee	43,9 . . .	8 „
ensburg	20,9 . . .	36 „
;	15,4 . . .	4 „
enbach bei Tet-hen	23,7 . . .	22 „ 1828—1849
n	16,0 . . .	
ı	16,0 . . .	11 „ 1782—1792
nt	33,4 . . .	2 „
ch	32,2 . . .	5 „
ı	43,3 . . .	6 „
ıanne	37,8 . . .	6 „
f	29,8 . . .	26 „
Bernhard	59,2 . . .	10 „
n	24,9 . . .	4 „
land	35,5 . . .	54 „ 1763—1817
tua	28,7 . . .	7 „
ona	34,6 . . .	9 „
ua	34,7 . . .	40 „
edig	29,9 . . .	
st	32,0 . . .	
ogna	29,1 . . .	4 „
ı	29,3 . . .	20 „
rmo	20,8 . . .	20 „ 1796—1815
abon	25,4 . . .	8 „ 1784—1785 u.1816—1821
deaux	24,3 . . .	66 „ 1714—1770 u.1776—1784
louse	23,7 . . .	12 „
ıtpellier	30,4 . . .	26 „
seille	20,6 . . .	19 „
lon	17,5 . . .	10 „
ıes	23,7 . . .	17 „
euse	47,7 . . .	23 „
ochelle	25,5 . . .	50 „ 1777—1793 u.1810—1842

Beobachtungs-Ort	Regenmenge	Dauer der Beobachtung
Poitiers	22,2	10 Jahre
Paris	20,8	63 "
Montmorency	21,5	15 "
Troyes	22,4	6 "
Mühlhausen	28,4	6 "
Strasburg	25,6	16 "
Metz	27,2	7 "
Cambray	17,0	8 "
Brüssel	17,9	5 "
Middelburg	25,4	4 "
Breda	24,6	5 "
Dortrecht	38,6	
Rotterdam	21,2	5 "
Utrecht	23,1	
Haag	26,3	
Zwanenburg bei Amsterdam	24,4	44 "
Franecker	28,7	13 "
Dover	44,1	4 "
London	23,4	16 "
Bristol	21,9	4 "
Liverpool	32,4	22 "
Manchester	33,9	33 "
Lancaster	37,2	20 "
Kendal	50,4	31 "
Glasgow	20,0	18 "
Edinburg	23,3	27 "
Copenhagen	17,3	17 "
Lund	18,1	21 "
Bergen	83,2	10 "
Upsala	16,7	16 "
Stockholm	19,2	8 "
Abo	24,1	12 "
Petersburg	17,1	5 "
Bombay	73,5	11 "
Rio Janeiro	55,6	2 "
Guadeloupe	122,5	2 "
Havannah	85,7	7 "
Charlestown	55,0	15 "
Marietta am Ohio	39,0	2 "
West-Chester bei Philadelphia	44,0	10 "

Die Ursachen der grossen Differenzen, welche diese Tabelle nachweist, sind schon oben kurz angedeutet worden, für den vorliegenden Zweck möchte dieses genügen. *) Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass auf den höchsten Gebirgen, namentlich oberhalb der Schneelinie, wahrscheinlich Niederschläge vorkommen, welche die hier angegebenen noch weit übertreffen, wenigstens lässt dieses theils die Reichhaltigkeit der aus den Gletschern hervortretenden Bäche vermuthen, so wie auch die starke Abkühlung der Luft in der Nähe der grossen Eismassen einen besonders reichlichen Niederschlag wahrscheinlich macht.

Die nachgewiesenen Regenmengen sind keinesweges in dem ganzen Jahre gleichmässig vertheilt, vielmehr trifft der grösste Theil derselben, übereinstimmend mit der früher gegebenen Darstellung, in die Sommermonate. In der folgenden Tabelle ist für einige Orte die auf jeden Monat fallende Regenmenge in Theilen des ganzen jährlichen Niederschlages nachgewiesen.

Monat	Königsberg 5 Jahre	Berlin 12 Jahre	Breslau 7 Jahre	Coblenz 20 Jahre	Carlsruhe 23 Jahre	Bodenbach 22 Jahre	Stuttgart 4 Jahre	Paris 63 Jahre	la Rochelle 50 Jahre
Januar	0,075	0,066	0,055	0,051	0,057	0,075	0,053	0,067	0,086
Februar	0,051	0,066	0,029	0,053	0,067	0,053	0,057	0,072	0,078
März	0,077	0,057	0,052	0,072	0,072	0,066	0,068	0,049	0,060
April	0,067	0,064	0,075	0,079	0,065	0,064	0,069	0,095	0,064
Mai	0,076	0,091	0,077	0,090	0,088	0,091	0,093	0,106	0,078
Juni	0,090	0,130	0,149	0,112	0,094	0,124	0,126	0,109	0,063
Juli	0,118	0,124	0,142	0,107	0,121	0,137	0,109	0,105	0,066
August	0,132	0,093	0,121	0,114	0,095	0,094	0,108	0,091	0,064
Septbr.	0,102	0,089	0,088	0,098	0,085	0,071	0,101	0,090	0,105
October	0,065	0,068	0,051	0,060	0,080	0,069	0,076	0,066	0,121
Novbr.	0,087	0,069	0,061	0,088	0,087	0,076	0,084	0,083	0,111
Decbr.	0,060	0,083	0,100	0,076	0,089	0,080	0,056	0,067	0,104
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

*) Die näheren Erklärungen findet man theils in den Werken von Kämtz und Schübler, theils auch in den „meteorologischen Untersuchungen von Dove. Berlin 1837." —

Viel bedeutender stellt sich der Unterschied für die heissen Zonen heraus: so fällt in Havannah mehr als der vierte Theil des ganzen jährlichen Niederschlages während des Monats Juni, und nach den in Bombay angestellten vieljährigen Beobachtungen regnet es daselbst während sieben Monaten, nämlich vom November bis Mai, gar nicht, und die sehr grosse Regenmenge stürzt nur vom Juni bis September herab.

Für den Wasserbau ist endlich noch die Frage von grosser Wichtigkeit, welche Wassermenge während eines und weniger auf einander folgenden Tage herabfällt. Diese Wassermenge ist für unser Klima jedenfalls viel unbedeutender, als in den wärmeren Gegenden, woselbst sie mitunter so gross wird, dass in einem Tage leicht eine Quantität niederfällt, die dem ganzen jährlichen Niederschlage unseres Klima's gleichkommt. So beobachtete man im Februar 1820 in Cayenne in 10 Stunden eine Regenmenge von $10\frac{1}{4}$ Zoll, und in 24 Tagen fielen 123 Zoll. Doch zeigen sich in Europa auch ähnliche Fälle; am 9. October 1827 betrug der Niederschlag zu Joyeuse (Dep. de l'Ardêche) in 22 Stunden 29 Zoll 3 Linien. Am 25 October 1822 fielen zu Genua 30 Zoll und selbst im südwestlichen Deutschlande schlugen am 28. und 29. October 1820 in 36 Stunden $5\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{3}$ Zoll Regen nieder. Die in neuerer Zeit in Berlin angestellten Beobachtungen, die wegen der darin vorkommenden Unterbrechungen sich zur Bestimmung des jährlichen und monatlichen Niederschlages nicht eignen, zeigen, dass fast in jedem Jahre an einzelnen Tagen bis 1 Zoll Regen, und zuweilen sogar bis 1,4 Zoll beobachtet ist. Die Königsberger Beobachtungen (mitgetheilt in den Beiträgen zur Kunde Preussens) geben zuweilen den täglichen Niederschlag auf mehr als $1\frac{1}{2}$ und am 11. August 1818 sogar zu $1\frac{3}{4}$ Zoll an.

§. 4.

Quantität der Verdunstung.

Wenn die Messung des Niederschlages schon in mancher Beziehung unsicher ist, so ist die der Verdunstung dieses noch in höherem Grade. Jenachdem das Gefäss mit Wasser, worin man die Verdunstung beobachten will, der Sonne und dem Winde ausgesetzt, oder so gestellt wird, dass es beiden entzogen bleibt,

so findet man so verschiedene Resultate, dass die ersteren oft das Drei- und Vierfache von den letzteren betragen. Dazu kommt noch der Einfluss der Höhe des Wasserstandes im Gefässe, denn es zeigt sich, dass die Verdunstung nicht nur von der Ausdehnung der Oberfläche, sondern auch von der Wassertiefe abhängt, und zwar wird sie grösser, wenn die Tiefe zunimmt. Endlich zeigt sich noch eine neue Schwierigkeit, wenn man die Resultate dieser Beobachtungen auf die Bestimmung der Wassermasse anwenden will, welche sich in den Quellen und Flüssen ansammelt. Die Erdoberfläche, welche nämlich den Niederschlag aufgenommen hat, verdunstet nur so lange, als der mit der Luft in Berührung stehende Theil derselben noch feucht ist: nach erfolgter Austrocknung geschieht dieses aber nur in dem Maasse, als die Feuchtigkeit sich von unten heraufzieht. Sonach ist die verdunstete Wassermenge in höhern und trockenen Gegenden ohne Vergleich viel geringer, als das Atmidometer sie angiebt, welches beständig mit Wasser gefüllt erhalten wird.

Das Atmidometer, oder der Apparat, womit die Verdunstung gemessen wird, besteht wieder in einem offenen Kasten von bekannter Grundfläche, bei dem man durch Nachwiegen oder Nachmessen die Höhe der Wasserschicht ermittelt, welche täglich darin verdunstet. Beim Gebrauche desselben kommt es besonders darauf an, es so zu stellen, dass es der Sonne und dem Winde nicht zu stark ausgesetzt ist, sondern ungefähr nur in dem Maasse, wie durchschnittlich der Erdboden. Durch eine angebrachte Bedachung muss man aber Regen und Schnee davon abhalten.

Die Anzahl der Beobachtungen dieser Art ist sehr beschränkt: ich will einige derselben hier anführen, und zwar zunächst solche, die unfern der See, oder doch an Orten angestellt sind, welche zu den feuchten gehören.

Orte.	Verdunstete Wassermengen.
la Rochelle	23,2 Zolle
London	23,8 -
Liverpool	35,7 -
Breda	23,2 -
Rotterdam	23,1 -
Stuttgart	22,9 -

Es stimmt für diese Orte die Verdunstung nahe mit Niederschlage überein, dagegen wird sie im Binnenlande grösser; sie beträgt

in Mannheim	73,0	Zolle
in Augsburg	60,0	-
in Bordeaux	59,1	-
in Marseille	55,8	-
in Poitiers	36,6	-
in Troyes	29,8	-

In der heissen Zone ist die Verdunstung bedeutend grö und besonders stark wird sie, wenn die Luft stets von dem i Erwärmung entsprechenden Sättigungs-Punkte entfernt bl oder wenn der Regen nur selten, vielleicht auch nie vorko Man hat beobachtet, dass in Cumana jährlich 130 Zoll ver sten; in den Steppen Africas steigt dieses Maass sogar w scheinlich auf 300 Zoll.

Die Verdunstung ist augenscheinlich nicht während des g en Jahres dieselbe. An einzelnen Orten hat man tägliche obachtungen angestellt, und daraus für die verschiedenen Mo die mittlere tägliche Verdunstung gefunden. In Montmore ist dieses in den 40 Jahren von 1765—1804 geschehen, Liverpool während 4 Jahren.

Mittlere tägliche Verdunstung.

	Montmorency.		Liverpool.	
Januar . . .	0,26	Linien . .	0,56	Linien
Februar . . .	0,41	- . .	0,73	-
März	0,70	- . .	0,98	-
April	1,00	- . .	1,28	-
Mai	1,24	- . .	1,63	-
Juni	1,38	- . .	1,72	-
Juli	1,64	- . .	1,92	-
August . . .	1,60	- . .	1,94	-
September . .	1,04	- . .	1,27	-
October . . .	0,64	- . .	0,95	-
November . .	0,32	- . .	0,58	-
December . .	0,25	- . .	0,56	-
Durchschnittlich	0,877	Linien . .	1,173	Linien

Die vorstehenden Angaben sind zur Erleichterung der Vergleichung im Rheinländischen Maasse ausgedrückt. Dasselbe ist auch in der folgenden Tabelle geschehn, welche die von Plieninger in Stuttgart angestellten Beobachtungen enthält, und zwar eben sowohl die mittleren Werthe der Verdunstung, als die des Niederschlages. Erstere sind aus den 15jährigen Beobachtungen von 1834 bis 1848 und letztere aus den 24jährigen Beobachtungen von 1825 bis 1848 hergeleitet:

	mittlere Verdunstung	tägliche Niederschläge.
Januar	0,19 Linien	0,48 Linien
Februar	0,31 -	0,56 -
März	0,55 -	0,61 -
April	0,86 -	0,64 -
Mai	1,28 -	0,83 -
Juni	1,35 -	1,18 -
Juli	1,33 -	0,98 -
August	1,16 -	0,98 -
September	0,76 -	0,94 -
October	0,44 -	0,69 -
November	0,31 -	0,78 -
December	0,21 -	0,51 -
Durchschnittlich	0,736 Linien	0,769 Linien

Um für unsere Gegenden einigen Anhalt zu gewinnen, habe ich die in Berlin angestellten Beobachtungen für das Jahr 1833 in dieser Beziehung näher untersucht. Ich habe dieses Jahr gewählt, weil der Niederschlag in demselben ungefähr der oben angegebenen Mittelzahl entspricht, und weil die Beobachtungen dieses Jahrganges noch etwas vollständiger, als die der andern sind.*) Nach den mitgetheilten Angaben, wobei jedoch 23 Tage ausgelassen sind, beträgt der Niederschlag 17,7 Zoll, die Verdunstung im ganzen Jahr 26,0 Zoll. Von der letzten treffen

*) Preussische Staatszeitung für 1833.

			Anzahl d. Beob. Tage.	mittlere tägl. Verdunst.
auf den	Januar	0,74 Zoll	31	0,29 Linien
- -	Februar	0,82 -	28	0,35 -
- -	März	1,29 -	31	0,50 -
- -	April	2,40 -	30	0,96 -
- -	Mai	4,44 -	26	2,05 -
- -	Juni	5,32 -	29	2,21 -
- -	Juli	3,28 -	19	2,08 -
- -	August	2,97 -	29	1,22 -
- -	September	1,08 -	30	0,43 -
- -	October	2,09 -	30	0,84 -
- -	November	0,89 -	29	0,37 -
- -	December	0,70 -	30	0,28 -
		26,02 Zoll.		

Wenn es statthaft ist, aus diesem einzelnen, und noch dazu unvollständigen Jahrgange einen Schluss zu ziehn, so wäre für den vorliegenden Zweck die Folgerung wichtig, dass für die hiesige Gegend die Verdunstung in den Monaten Mai bis Juli am stärksten ist und alsdann durchschnittlich an jedem Tage etwa 2 Linien beträgt, dass sie aber, wenn der Regen am seltensten wird, schon viel unbedeutender geworden und sogar unter eine Linie gesunken ist.

Endlich muss hier noch der Beobachtungen erwähnt werden, welche Dalton in der Nähe von Manchester anstellte, um zu ermitteln, in welchem Verhältnisse die auf den Erdboden herabfallende Wassermenge theils verdunstet, theils offen abfliesst und theils unterirdische Quellen bildet.*) Ein Gefäss von verzinntem Eisenblech, 3 Fuss hoch und 10 Zoll weit, wurde sowohl nahe über seinem Boden, als auch unter dem obern Rande mit Oeffnungen und Abflussröhren versehn. Um das Verstopfen der untern Oeffnung zu verhindern, wurde einige Zolle hoch Kies geschüttet und darüber bis zur obern Oeffnung frische Erde gefüllt. Man grub dasselbe so tief in den Boden

*) Gilbert's Annalen. Band 15, S. 266 ff.

, dass die Oberfläche der Erde im Gefässe so hoch als die
s umgebenden Bodens lag, und leitete die beiden Abflussröhren
ch andern Gefässen, deren Inhalt man bequem untersuchen
nnte. Zunächst wurde reichlich Wasser zugegossen, um die
llständige Tränkung der Erde hervorzubringen; dieses Was-
r floss durch beide Oeffnungen ab. Alsdann blieb der Appa-
t nur demselben Einfluss der Atmosphäre, wie der umgebende
den, ausgesetzt, und nach einigen Monaten fing man an, die
assermengen zu messen, welche nach und nach ausflossen,
ährend ein danebenstehendes Ombrometer die Regenmenge be-
nders angab. Diese Beobachtungen wurden während der drei
hre 1796—1798 fortgesetzt, doch erlitten sie nach kurzer
eit insofern eine Aenderung, als die Erde im Gefässe sich
tzte und sonach durch die obere Oeffnung der Ausfluss ganz
fhörte. Nach einem Jahr hatte sich im Gefässe ein Rasen
bildet, welcher indessen auf die Verdunstung keinen Einfluss
haben schien. Die Resultate waren durchschnittlich für die
nzelnen Monate folgende, wenn die Wassermengen, wie früher,
urch die Höhen bezeichnet werden.

	Höhe des ausfliessenden Wassers.	Höhe des Niederschlages in dem Ombrometer.	Differenz beider, oder Höhe der Verdunstung.
nuar	1,45 Zoll	2,46 Zoll	1,01 Zoll
bruar	1,27 -	1,80 -	0,53 -
ärz	0,28 -	0,90 -	0,62 -
ril	0,23 -	1,72 -	1,49 -
ai	1,49 -	4,18 -	2,69 -
ni	0,30 -	2,48 -	2,18 -
li	0,06 -	4,15 -	4,09 -
gust	0,17 -	3,55 -	3,38 -
ptember	0,32 -	3,28 -	2,96 -
tober	0,23 -	2,90 -	2,67 -
vember	0,88 -	2,94 -	2,06 -
cember	1,72 -	3,20 -	1,48 -
Summa	8,40 Zoll	33,56 Zoll	25,16 Zoll.

Von der ganzen Regenmenge verdunsteten also ungefähr
ei Viertheile, während nur ein Viertheil abfloss, und zwar

hörte dieser Abfluss oder die Speisung der Quellen in dem Sommer und Herbste beinahe ganz auf. Eine Vergleichung mit der Verdunstung des Wassers in dem unmittelbar daneben aufgestellten Atmidometer zeigte aber, dass die Verdunstung des Erdreichs geringer blieb, denn diese betrug nur 25 Zoll, während das Atmidometer sie um 5 Zoll grösser oder gleich 30 Zoll angab. Dieser Unterschied erklärt sich dadurch, dass das Erdreich oft so trocken wurde, dass seine Oberfläche nicht die Wassermenge enthielt, welche die Luft aufzunehmen fähig war.

§. 5.
Cisternen.

Da das Regen- und Schneewasser sich in ähnlicher Art aus der Luft ausscheidet, wie das destillirte Wasser im Helm der Destillirblase; so hat es beinahe die Reinheit des letztern und eignet sich sonach vollkommen zu den gewöhnlichen wirthschaftlichen Zwecken, und namentlich zur Zubereitung der Speisen und Getränke und zum Waschen. Aus diesem Grunde ist das Auffangen des Regenwassers in grösserer oder geringerer Ausdehnung ziemlich allgemein üblich. Wo andere reiche Quellen zu Gebote stehn, verwendet man indessen hierauf wenig Sorgfalt, und kaum wird daselbst irgend eine bauliche Einrichtung zu diesem Zwecke getroffen. Wenn dagegen der Boden entweder kein Wasser giebt, auch die Zuleitung von Quellen sehr schwierig ist, oder wenn der sumpfige und vielleicht mit Seewasser durchzogene Grund alle Brunnen mit unbrauchbarem Wasser speisen würde, so erhält die Auffangung und Aufbewahrung des Regenwassers solche Wichtigkeit, dass man bedeutende Anlagen zu diesem Zwecke macht. Dieses sind die Cisternen, die man, wenn sie nur das Wasser der Dachrinnen aufnehmen, auch wohl Regensärge zu nennen pflegt. Sie bestehn aus wasserdichten überwölbten Bassins, die so tief im Boden liegen, dass weder der Frost, noch die stärkere Sommerwärme eindringen kann, und sind mit den nöthigen Vorrichtungen zur zweckmässigen Hineinleitung und Entnehmung des Wassers, sowie zur Reinigung versehn. Insofern die Speisung der Cisternen von der Quantität des Niederschlages abhängt, und diese wieder in den verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist, während

der Verbrauch des aufgesammelten Wassers ziemlich gleichmässig erfolgt, so müssen die Cisternen, wenn sie auch nur die jährlich wiederkehrende Ungleichmässigkeit des Niederschlages ausgleichen sollen, den Bedarf von 4 Monaten fassen können, und es ergiebt sich hieraus sowohl die nöthige Grösse derselben, als auch die erforderliche Ausdehnung der Oberfläche, die zum Auffangen des Wassers vorbereitet sein muss. Es ist dabei jedoch nicht zu übersehn, dass die aufgefangene Wassermenge etwas geringer ausfallen wird, als die wirklich niedergeschlagene, und dieses namentlich, wenn man nicht nur Dachflächen, sondern auch gepflasterte Hofräume benutzt, weil alsdann eine merkliche Quantität sich schon durch die Fugen des Pflasters in den Boden zieht.

Nichts desto weniger ist die auf solche Art gewonnene Wassermenge noch immer sehr bedeutend, und selbst für die volkreichsten Städte würde gewiss in unserm Klima der Bedarf für die gewöhnlichen häuslichen Zwecke durch Cisternen vollständig gesichert werden können. Rechnet man z. B., dass die aufgefangene Wassermenge nur einem Niederschlage von 12 Zoll entspricht, oder dass jährlich von jedem Quadratfuss Oberfläche nur ein Cubikfuss Wasser in die Cisterne fliesst, und dass jeder Einwohner täglich ½ Cubikfuss Wasser consumirt, was nach den spätern Mittheilungen für die häuslichen Zwecke gewöhnlich genügt, so würde eine Oberfläche von 1¼ Quadratruthe jedem Einwohner das nöthige Wasserquantum liefern, und mit Benutzung der Hofräume und der Strassen möchte sich auch für die stärkste Bevölkerung durchschnittlich diese Ausdehnung herausstellen. Nimmt man aber, wie Leslie es gethan hat, den nothwendigen Bedarf eines Individuums nur zu ⅙ Cubikfuss englisches Maass oder sehr nahe 5 preussische Quart an, so kommt man schon zu dem Resultate, dass die Dachflächen in jeder Stadt für sämmtliche Einwohner das nöthige Wasser liefern können.

Die vollkommenste Wasserdichtigkeit ist bei einer Cisterne das erste Erforderniss, und dadurch wird wieder die möglichste Solidität des Baues bedingt, denn wenn einzelne Theile sich setzen sollten, so würden die entstehenden Risse unfehlbar dem Wasser den Durchfluss gestatten. Aus diesem Grunde pflegt man dem Gewölbe, welches die Decke der Cisterne bildet, gemeinhin keine weite Spannung zu geben, sondern diese im

Maximum auf 10 bis 12 Fuss zu beschränken, und dafür lieber, wenn eine grössere Breite erforderlich ist, mehrere überwölbte Räume, die unter sich in Verbindung stehn, neben einander anzulegen, wobei die Zwischenmauern die gemeinschaftlichen Widerlager bilden. Dieses Mittel stellt sich bei Cisternen von einem grossen Inhalt auch gemeinhin als das wohlfeilste heraus, denn die Vermehrung der Länge, welche überdies oft durch die Localität erschwert ist, würde eine gleiche Verlängerung beider Widerlagsmauern erfordern. Die Vergrösserung der Tiefe wäre aber wegen der Schwierigkeit der Fundirung noch kostbarer.

Fig. 4 und Fig. 5 stellen eine Cisterne von mittlerer Grösse dar, welche durch die Rinnen eines gepflasterten Hofes gespeist wird. *A* ist der Speisebrunnen, in welchem das Wasser sich zunächst ansammelt; derselbe ist oben mit einem Gitter verschlossen, um das Hineinfallen grösserer Körper zu verhindern. Um Sand und andere schwere Stoffe, welche das Wasser mit sich führt, aufzufangen, steht er nicht am Boden, sondern 1 bis 2 Fuss darüber mit der Cisterne in Verbindung, und lässt sonach das Wasser immer in seiner Oberfläche abfliessen. Damit er von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann, muss er wenigstens 3 Fuss weit sein. Bei kleineren Cisternen, welche nur das Regenwasser der Dächer aufnehmen, pflegt man statt dieses Speisebrunnens ein kleines Bassin, der Seiger genannt, unter dem Abfallrohre anzubringen, welches einige Cubikfuss Wasser fasst, und von dessen oberm Rande die Zuleitungsröhre nach der Cisterne führt. Jedenfalls wird das Wasser, bevor es in die Cisterne tritt, noch durch ein zweites enges Gitter oder Drahtnetz geleitet, damit auch kleine schwimmende Körper zurückgehalten werden. Das Saugerohr *B*, durch welches das Wasser aus der Cisterne gehoben wird, muss möglichst weit von der Einflussöffnung entfernt sein, damit die feinern erdigen Stoffe nicht leicht zu demselben gelangen. Um durch die Pumpe alles Wasser ausheben und nöthigenfalls die Cisterne ganz trocken legen zu können, giebt man dem Boden eine sehr schwache Neigung von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ und bringt längs der Stirnmauer, welche die niedrigste Seite des Bodens begrenzt, einen kleinen flachen Graben *D* an, in welchem der letzte Rest des Wassers sich ansammeln kann, der aber unter dem Saugerohre noch

immer einige Tiefe behält, damit das Wasser nicht unmittelbar über dem Boden entnommen werden darf.

Um von Zeit zu Zeit die Cisterne zu reinigen, wird noch eine 3 Fuss weite Einsteigeöffnung *C* angebracht, die am passendsten ihre Stelle neben dem Saugerohre der Pumpe findet, wodurch theils die Reparatur derselben, und theils die Reinigung des Bodens und die Herausschaffung des zusammengekehrten Niederschlages erleichtert wird. Diese Oeffnung ist mit einem Deckel geschlossen. Endlich pflegt man auch dafür zu sorgen, dass die Cisterne nicht ganz bis zum Scheitel des Gewölbes sich anfüllen, und noch weniger das darin enthaltene Wasser durch die Ueberfüllung des Speisebrunnens einem starken Drucke ausgesetzt werden kann, wodurch möglicher Weise das Gewölbe gesprengt würde. Zu diesem Zwecke geht ein Ableitungsrohr *E* entweder von der Cisterne selbst, oder noch besser von dem Speisebrunnen aus nach einer tiefern Stelle des Hofes. Es ist mit der zulässigen höchsten Füllung in gleicher Höhe angebracht.

Ueber die Construction der Cisterne ist wenig zu bemerken: der einzige Umstand, der dabei erwähnt werden muss, betrifft die Sicherung des Mauerwerks gegen das Durchdringen des Wassers. Dieses wird vorzugsweise durch die Anwendung von gutem hydraulischen Mörtel und von recht hart gebrannten und festen Ziegeln erreicht. Ausserdem wird der Boden zu diesem Zwecke gewöhnlich mit 3 Schichten flach gelegter Ziegel bedeckt, und zwar wenn der Baugrund fester Kies ist, kann man, wie die Figur es andeutet, die untere dieser Schichten unmittelbar auf den sorgfältig geebneten und dossirten Boden legen. Ihre Fugen werden mit einem dünnflüssigen hydraulischen Mörtel ausgegossen, die zweite und dritte Schicht, welche gegen die erste und unter sich einen guten Verband bilden müssen, legt man in ein Mörtelbette, und sorgt dafür, dass auch hier die Stossfugen nicht offen bleiben. Wenn dagegen der Baugrund einiges Setzen befürchten lässt, so muss der Boden der Cisterne eine grössere Stärke erhalten. Bei der Cisterne zu Charlemont, die Bélidor *) beschreibt, bestand derselbe aus einem drei Fuss starken Mauerwerk, worüber jene drei Ziegelschichten noch gelegt wurden.

---

*) *Science des Ingénieurs.* Buch IV. Cap. 12.

Nachdem das gesammte Mauerwerk der Cisterne mehrere Monate gestanden hat, und bei Anwendung des hydraulischen Mörtels theils gehörig ausgetrocknet ist, und theils sich vollständig gesetzt hat, so wird die ganze innere Oberfläche der Cisterne und des Brunnens, am Boden, an den Wänden und der gewölbten Decke, und ebenso auch von aussen die flache Abdachung über dem Gewölbe mit einer Lage von sorgfältig zubereitetem und schnell bindendem hydraulischen Mörtel 1 bis 1½ Zoll hoch überzogen. Damit dieser Ueberzug gut hafte, müssen vorher die sämmtlichen Fugen mit einem eisernen Haken etwa einen Zoll tief geöffnet und das Mauerwerk stark benetzt werden. Der Mörtel wird in kleinen Massen angetragen und mit einer schmalen flach convexen Kelle fest eingestrichen. Zur Ausfüllung der Unebenheiten, sowie der feinen Risse, welche sich nach einigen Tagen zeigen, wird eine zweite, jedoch viel dünnere Lage desselben Mörtels aufgebracht und gerieben, bis sie erhärtet. Dieses Verfahren muss so lange von Tage zu Tage wiederholt werden, bis keine Risse mehr zum Vorschein kommen. Die Quantität des aufgetragenen Mörtels muss aber, sobald die Risse feiner werden, auch immer abnehmen, so dass der dünne Mörtel zuletzt nur mit einem Pinsel aufgestrichen wird, doch wird das Einreiben auch alsdann noch fortgesetzt.

Bei Anfertigung des Mörtelüberzuges über der äussern Abdachung ist das Verfahren genau dasselbe, doch muss man hier durch Ueberdeckung mit Stroh das zu schnelle Austrocknen verhindern und an sehr heissen Tagen die Arbeit ganz einstellen. Endlich ist hierbei noch zu erwähnen, dass die Abdachung später gewöhnlich mit Kies beschüttet wird, um das Ansammeln des Wassers darüber zu verhindern. Durch wiederholtes Auftragen feiner Mörtelmassen, und durch fortgesetztes Einreiben derselben, erhält die Cisterne eine so feste und wasserdichte Oberfläche, dass ein Durchsickern von der einen oder der andern Seite ganz unmöglich wird, und sonach das aufgefangene Wasser weder verschwindet, noch durch Zutreten von andern Quellen verunreinigt wird. Hierdurch gewinnt auch die Sicherheit der Mauern, indem sie der Einwirkung des Wassers entzogen werden. Wenn jedoch der Boden sehr sumpfig ist, so pflegt man in der Baugrube zunächst eine starke Thonschicht auszubreiten,

welche die Cisterne trägt, auch eine Thonwand um die Mauer zu führen. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass einerseits während des Baues der Zudrang des Wassers gemässigt und sodann auch die Besorgniss entfernt wird, dass später das Wasser hindurchdringen möchte.

Wenn der Ueberzug aus gewöhnlichem Mörtel besteht, den man aus fettem Kalke bereitet hat, so darf man die Cisterne nicht früher benutzen, als bis die Oberfläche sich mit Kohlensäure gesättigt hat. Wartet man diesen Zeitpunkt nicht ab, so löst sich zunächst der Kalk im Wasser der Cisterne auf, und verdirbt dasselbe, worauf nach und nach die Mauern undicht werden. Bei einer neben Beaumont an der Oise ausgeführten Cisterne war diese Vorsicht unbeachtet geblieben, und man bemerkte bald, dass das Wasser in derselben sich in Kalkwasser verwandelte. D'Arcet liess die Cisterne entleeren, und möglichst austrocknen, alsdann aber am Boden mehrere Feuerstellen durch Aufschütten von Asche und Einfassen mit Ziegeln einrichten. Hierin wurden alle Tage grosse Massen Holzkohlen verbrannt, während Nachts die frische Luft hinzutrat. Nach acht Tagen war der Ueberzug schon in kohlensauren Kalk verwandelt, doch setzte man das Verbrennen der Kohlen noch drei Tage fort. Alsdann wurde das Wasser hineingelassen, das sich auch vollständig rein erhielt.

Als eine besondere Art von Cisternen verdienen noch die öffentlichen und Privatbrunnen in Venedig erwähnt zu werden. Der niedrige, vom Seewasser ganz durchzogene Boden giebt hier kein brauchbares Wasser, und die weite Entfernung des festen Landes von nahe einer Meile erlaubte nicht eine Wasserleitung von dorther einzurichten. Der Bedarf wird also zum Theil in kleinen Fahrzeugen, die man in der Brenta füllt, beigeschafft, doch sind diese keineswegs so zweckmässig eingerichtet, wie jene, welche von der Vechte aus das Wasser nach Amsterdam bringen; bei den letzten ist nämlich der Wasserraum vollständig abgeschlossen und verdeckt, und wird durch Klappen im Boden gefüllt, während mehrere Pumpen dazu dienen, das Wasser bequem und ohne Verunreinigung herauszuheben. In Venedig ist diese, durch Fahrzeuge herbeigeführte Wassermasse nur unbedeutend gegen die, welche durch Auffangen des Regen-

wassers gesammelt wird, und hierzu dienen eben die erwähnten Brunnen. Dieselben werden nicht nur durch den auf die Dächer niederschlagenden Regen gespeist, sondern auch durch das Wasser von den Strassen und sogar durch Spühligt, das gewöhnlich in die Rinnen neben den Brunnen gegossen wird. Sie sind daher mit einer Vorrichtung zum Filtriren versehn, und dieser Umstand unterscheidet sie eben von den gewöhnlichen Cisternen. Es muss aber noch daran erinnert werden, dass das Sammelwasser von den Strassen in Venedig nicht in der Art verunreinigt ist, wie in andern Städten, da es hier keine Pferde giebt. Die Einrichtung dieser Brunnen zeigt Fig. 6 im Durchschnitte. Man hebt die Baugrube so tief aus, wie dieses wegen des Wasserzudranges möglich ist, und mindestens bis zu den fester gelagerten und bereits stark comprimirten Erdschichten, die man in einer Tiefe von 10 Fuss vorfindet. Die Weite ist gleichfalls sehr verschieden, je nachdem man grössere oder kleinere Wassermengen darin auffangen will. Der Grund wird mit einer etwa 1 Fuss hohen Lage festen Thones sorgfältig ausgestampft und darüber ein wasserdichter Boden von gebrannten Steinen ausgeführt, der zugleich das Fundament der darauf stehenden Mauern bildet. Die äussere dieser Mauern, welche entweder einen kreisförmigen, oder einen quadratischen Raum einschliesst, und die im ersten Falle entweder senkrecht steht, oder nach aussen überhängt, um den cubischen Inhalt des Brunnens zu vergrössern, muss in allen Theilen wasserdicht sein. Zu diesem Zwecke wird sie gleich bei dem Aufführen mit Thon hinterstampft. Sie erhebt sich so weit, dass ihre Deckplatten einen Theil des Strassenpflasters bilden. Der jederzeit cylindrische innere Brunnenkessel ist etwa 2 Fuss hoch aus roh bearbeiteten Bruchsteinen mit offenen Fugen erbaut, damit das Wasser ohne Schwierigkeit hindurchdringen kann: weiter aufwärts ist das Mauerwerk wasserdicht und aus gebrannten Steinen ausgeführt, und erhebt sich bis zur Höhe des Strassenpflasters. Es trägt als Einfassung gewöhnlich ein Corinthisches Capitäl aus weissem Marmor. Der Raum zwischen beiden Mauern wird mit reinem Flusssande bis etwa 5 Fuss unter dem Pflaster angefüllt, und nachdem derselbe mit reinem Wasser angegossen und angestampft ist, so dass man ein merkliches Setzen nicht mehr befürchten darf, so legt man als Boden

und Fundament für einen kleinen Canal möglichst nah an der äussern Mauer eine Lage Steinplatten mit offenen Stossfugen. Hierüber wird aus gebrannten Steinen der zwei Fuss weite und drei Fuss hohe überwölbte Canal ausgeführt, von dem zwei oder vier gemauerte Röhren nach eben so viel durchlochten Steinen des Strassenpflasters hinaufführen. Der übrigbleibende Raum wird wieder mit reinem Sande ausgefüllt und darauf das Pflaster gelegt nebst den zugehörigen Rinnen, welche das Wasser zu den erwähnten durchlochten Steinen führen. Die Wirksamkeit des Brunnens ist diese, dass das hineinfliessende Wasser sich zunächst in dem Canale ansammelt, und von hier langsam durch den Sand in den innern Brunnenkessel dringt. Bei einigen dieser Brunnen soll man auch den innern Kessel, soweit derselbe offene Fugen hat, mit Kohlen umschütten, um dadurch das Wasser noch vollständiger zu reinigen.

Diese Brunnen versiegen niemals ganz, indem der durchnässte Sand auch während der grössten Dürre fortwährend noch einiges Wasser ausscheidet, doch ist die Wassermenge zuweilen so geringe, dass morgens in sehr kurzer Zeit der ganze Vorrath, der sich während 24 Stunden angesammelt hatte, ausgeleert ist, und der Brunnen dann während des ganzen Tages geschlossen bleiben muss. Das ausgehobene Wasser ist sehr klar und gewöhnlich von reinem Geschmacke, so dass es zu allen häuslichen Zwecken benutzt wird: einen grossen Uebelstand verursachen aber die selten wiederkehrenden sehr hohen Fluthen des Adriatischen Meeres, welche, indem sie die Strassen unter Wasser setzen, auch in die Brunnen treten und den Sand mit Salztheilchen anfüllen. Es bleibt alsdann nichts Anderes übrig, als den verdorbenen Sand und zugleich den Canal herauszuheben, und nachdem frischer Sand eingeschüttet worden, letztern neu aufzuführen. *)

Die Sandschüttung, durch welche sich der Venetianische Brunnen hauptsächlich von der gewöhnlichen Cisterne unterscheidet, gewährt nicht nur den Vortheil, dass sie das Wasser filtrirt, sondern sie hält dieses auch zurück, so dass es nur nach und

*) Andeutungen über diese Brunnen finden sich in manchen hydrotechnischen Schriften. Die vorstehende Beschreibung bezieht sich grossentheils auf die Nachrichten, die ich in Venedig gesammelt habe.

Zweiter Abschnitt.

Quellen und Brunnen.

über dem Boden nach einer grössern Tiefe abfliesst und sich hier ansammelt. Auf solche Art entsteht eine sehr ungleichmässige Verdunstung: von den höhern Stellen der Erdoberfläche zieht sich das Wasser fort, bevor es verdunstet ist, und die Verdunstung wird hier unterbrochen, weil kein Wasser mehr vorhanden ist. In den tiefern Gegenden sammelt sich aber so viel Wasser an, dass trotz der ununterbrochen fortgehenden Verdunstung doch die Berührungsfläche zwischen Luft und Wasser zu klein ist, um letzteres vollständig verschwinden zu lassen; dasselbe sammelt sich also hier fortdauernd an, und nachdem es die Vertiefungen angefüllt hat, läuft es an der niedrigsten Stelle des umgebenden Randes über, und speist Bäche und Flüsse und Ströme. Jenachdem der Boden mehr oder weniger geneigt ist, wird also auch die Wassermenge, welche den Bach- und Flussbetten zugeführt wird, verschieden ausfallen, und zum Theil äussert hierauf auch die sonstige Beschaffenheit des Bodens einen merklichen Einfluss.

Die Erfahrung bestätigt die letzte Folgerung vollständig, es bleibt aber noch zu untersuchen, ob die Wassermenge, welche die Flüsse und Bäche abführen, wirklich bedeutend kleiner ist, als die auf dem ganzen zugehörigen Flussgebiete niedergefallene Regenmenge, wie dieses der Fall sein müsste, wenn die obige Erklärung die richtige wäre, oder ob im Gegentheil die Flüsse viel grössere Wassermassen abführen und sonach ihre Speisung auf andre Art erfolgt.

Das Letzte ist oft genug behauptet worden, und es scheint angemessen, hier das Räsonnement eines Mannes anzuführen, der durch seine Schriften zu der Ausbildung des Strombaues in Deutschland beigetragen hat. Silberschlag sagt im ersten Bande seiner Hydrotechnik §. 33: „dass auch die ergiebigste Hypo- „these für die Regenmenge (nämlich 33 Zoll) die Reichhaltig- „keit der Quellen lange nicht erklärt, wenn man das abzieht, „was das Erdreich auf 2 Fuss Tiefe, denn so tief dringt der „Regen ein, wieder verschlingt und nicht anders als durch Aus- „dünstung wieder in die Luft schickt.“ Diese in Abzug gestellte Wassermasse scheint mit der ganzen Regenmenge ziemlich übereinzustimmen, es kann wenigstens nicht viel von der letztern übrig bleiben, wenn durch dieselbe, so oft sie niederfällt,

zunächst bis auf 2 Fuss Tiefe der Boden durchnässt werden soll. Silberschlag wendet sogar dieses Räsonnement auf die Ilse an, die ihre Quellen aus der Granit-Formation des Harzes bezieht, wo augenscheinlich von einem 2 Fuss tiefen Eindringen des Wassers gar nicht die Rede sein kann. Die ganz willkührlich angeführte und durchaus unbegründete Hypothese besagt also, dass jedes Wassertheilchen an der Stelle bleibt, wo es niedergeschlagen ist, und der Erdboden es zwar zunächst einzieht, es aber später wieder an derselben Stelle heraufsteigen lässt, so dass ein Herabfliessen von höhern Gegenden und ein Ansammeln in tiefern gar nicht erfolgen kann. Im Wesentlichen stimmt der Fehler, der hier begangen ist, ziemlich genau mit demjenigen überein, worin man auch später gewöhnlich gefallen ist, indem man annahm, dass jeder Theil der Erdoberfläche wirklich so viel Wasser verdunstet, als eine gleich grosse Wasseroberfläche daselbst verdunsten würde. Dieses kann jedoch nicht geschehn, denn die Verdunstung muss aufhören, sobald der Boden trocken ist.

Silberschlag hat, indem er die einfachste und natürlichste Erklärung über die Entstehung der Quellen bestritt, dennoch weder bei der Ilse, noch bei andern Flüssen den Vergleich zwischen der Reichhaltigkeit derselben und dem atmosphärischen Niederschlage in ihren Gebieten wirklich angestellt. Eben so wenig ist dieses von Andern geschehn, die gleicher Meinung waren. Diese Ansicht hat aber in der That auch nur so lange Bestand gehabt, als man ohne Messung und ohne Rechnung nur einem dunkeln Gefühle folgte, wonach die Wassermasse, welche ein Fluss abführt, ganz unermesslich schien. Genauere Untersuchungen gaben indessen ganz andere Resultate: schon Mariotte meinte, dass die Seine nur den sechsten Theil der Wassermenge dem Meere zuführt, die in ihrem Stromgebiete als Regen oder Schnee niederfällt. Dalton stellte sich die Aufgabe, für die sämmtlichen Ströme und Flüsse in England und Wales diesen Vergleich durchzuführen. Wie sicher seine Messungen der Regenmenge indessen auch waren, so bleiben die Schätzungen der Wassermengen der Ströme doch höchst zweifelhaft, indem für die Themse nur mittlere Tiefen und mittlere Geschwindigkeiten arbitrirt, und die andern Ströme sogar nur mit der Themse in Parallele gestellt wurden. Das Resultat war, dass

eine Wassermenge, welche der Höhe von 13 Zoll Englisch (oder 12 Zoll 7 Linien Rheinländisch) entspricht, durch die Ströme dem Meere zugeführt wird. *)

Für die Seine hat Arago **) eine Berechnung mitgetheilt, die jedenfalls grösseres Vertrauen verdient. An der Brücke unterhalb der Tuilerien wurden bei mittlerem Wasserstande 255 Cub. Met., oder 8248 Rhl. Cub. Fuss in der Secunde abgeführt, dieses giebt also während des Jahres 8042 Millionen Cub. Meter, oder 260120 Millionen Cub. Fuss, und der Flächenraum, von dem das Wasser hier abgeführt wird, hat eine Ausdehnung von 4327000 Hectaren oder 664,2 Deutschen Quadrat-Meilen. Die Höhe der durch die Seine abgeführten Wassermenge beträgt also 7 Zoll 1 Linie Rheinländisch, oder sie kommt ungefähr dem dritten Theile des Niederschlages gleich.

In neuerer Zeit hat Dausse ***) nochmals die Höhe desjenigen Theiles des Niederschlages im Gebiete der Seine, der im Flusse abgeführt wird, aus den an der Brücke Tournelle in Paris angestellten Wasserstands-Beobachtungen hergeleitet. Letztere umfassen die dreissig Jahre von 1807 bis 1836. Auf Rheinländische Zolle reducirt ergab sich durchschnittlich die entsprechende Höhe für die sechs Sommer- und die sechs Winter-Monate

Mai bis October	2,37	Zoll
November bis April	4,41	–
also im ganzen Jahre	6,78	–

was mit dem von Arago gefundenen Resultate ungefähr übereinstimmt.

Ich habe versucht, für einige Ströme in Preussen dieses Verhältniss zu ermitteln, und wenn die Resultate, zu denen ich gekommen bin, auch nicht den Grad von Sicherheit haben, den man bei allen Untersuchungen zu erreichen wünscht, so werden sie doch den eben mitgetheilten nicht an Genauigkeit nachstehn. Welche Ausdehnung das Stromgebiet hat, worauf das Wasser sich sammelt, das an einer bestimmten Stelle des Flusses vor-

*) Gilbert's Annalen, Band 15, S. 249 ff.

**) *Annuaire pour l'an* 1834. S. 197 ff.

***) *Annales des Ponts et Chaussées* 1842. I. *pag.* 200.

beigeführt wird, lässt sich auf jeder guten Charte genau genug nachmessen; und wie gross die Regenmenge ist, kann man aus der obigen Tabelle, wenn auch nicht ganz sicher, doch wenigstens annähernd entnehmen. Dabei bleibt aber die wichtige Frage, welche Wassermenge der Strom durchschnittlich abführt. Eine genaue Messung derselben ist schon bei kleinem Wasser und schwacher Strömung sehr zeitraubend und umständlich, wie dieses später auseinandergesetzt werden soll, bei höhern Wasserständen ist sie aber in den meisten Fällen beinahe unmöglich; es ist mir auch nicht bekannt, dass man auf grossen Strömen zur Zeit hoher Anschwellungen jemals eine vollständige Messung dieser Art angestellt hat, höchstens misst man an der Oberfläche, und zwar im Stromstriche, die Geschwindigkeit und folgert hieraus, nach sehr unsichern Schlussfolgen, die mittlere Geschwindigkeit im Profile. Eine Zusammenstellung aller verschiedenen Wassermengen, die während des ganzen Jahres abgeführt werden, woraus man die mittlere finden könnte, lässt sich sonach nicht machen, und man muss zunächst schon voraussetzen, dass beim mittlern Wasserstande der Strom auch die mittlere Wassermenge abführt. *) Der mittlere Wasserstand ist überall, wo Pegelbeobachtungen regelmässig angestellt werden, leicht zu finden. Ich habe in den folgenden Rechnungen denselben allein aus dem Jahre 1833 hergeleitet, da die mittlere Höhe, sowohl der Wasserstände, als der atmosphärischen Niederschläge, in diesem Jahre ziemlich nahe gleich kommt der mittlern Höhe von grössern Beobachtungsreihen, die mehrere Decennien umfassen. Hiernach bestimmen sich die Wasserstände, für welche man die zugehörigen Wassermengen suchen muss; es ist indessen nicht zu erwarten, dass die wenigen, meist zu anderem Zwecke angestellten Messungen der Wassermengen auf diese Wasserstände treffen sollten, und in den nachfolgenden Beobachtungen ist dieses in der That auch niemals der Fall. Man muss daher noch die Wassermengen auf andere etwas ab-

*) Insofern bei höheren Wasserständen auch grössere Geschwindigkeiten einzutreten pflegen, so scheint diese Voraussetzung nicht richtig zu sein; die höchsten Wasserstände sind indessen oft eine Folge von Eisstopfungen.

weichende Wasserstände reduciren. Dieses lässt sich ohne Schwierigkeit nach den Interpolations-Methoden machen, wenn bei verschiedenen, theils niedrigeren und theils höheren Wasserständen, directe und vollständige Messungen angestellt sind; doch war dieses nur bei der Weser der Fall, für alle übrigen Ströme konnte ich nur einzelne Messungen zum Grunde legen.

Aus dem bekannten Gesetze der Bewegung des Wassers in Flussbetten ergiebt sich, dass bei verschiedenen Wasserständen die mittleren Geschwindigkeiten sich wie die Quadratwurzeln aus den mittleren Tiefen verhalten, so lange die Gefälle unverändert bleiben. Indem aber die Wassermengen bei gleicher Breite des Flussbettes wieder den Producten aus den mittleren Geschwindigkeiten in die mittleren Tiefen proportional sind; so folgt, dass bei verschiedenen Wasserständen auch die Quadrate der Wassermengen zu den dritten Potenzen der mittleren Tiefen in constantem Verhältnisse stehn. Die beiden eingeführten Voraussetzungen sind freilich in aller Strenge nicht richtig, aber sie rechtfertigen sich wohl, wenn der Wasserstand, bei dem die Wassermenge gemessen wurde, demjenigen ziemlich nahe liegt, auf den man letztere reduciren will. Man erhält hiernach die dem mittleren Wasserstande entsprechende Wassermenge, oder

$$M' = \left(\frac{h+a}{h}\right)^{\frac{3}{2}} M$$

wo M die beobachtete Wassermenge für die mittlere Tiefe h, und $h+a$ die mittlere Tiefe beim mittleren Wasserstande bedeutet. Eine Vergleichung der hiernach berechneten Resultate mit den an der Weser wirklich beobachteten zeigte, dass die Abweichungen nicht bedeutend waren, woher man mit einigem Vertrauen sich dieses Ausdrucks bedienen kann.

Die folgende Tabelle weist die Resultate der sieben Messungen nach, die mir vorlagen. In der zweiten Spalte derselben ist die Ausdehnung des Flussgebietes nur soweit angegeben, als die Zuflüsse den Strom schon oberhalb des Beobachtungsortes treffen. Die letzte Spalte zeigt aber an, wieviel Zolle hoch das ganze Flussgebiet von demjenigen Theile des jährlichen Niederschlages bedeckt wird, welchen der Fluss abführt.

	Ausdehnung des Flussgebietes Quadrat-M.	Wassermenge beim mittleren Wasserstande Cubik-F.	Mittlere Wassermenge *pro* Quadratmeile Cubik-F.	Höhe der abgeführten Wassermenge Zolle.
1) Der Rhein bei Emmerich	2800	76000	27,2	17,8
2) Der Rhein bei Coblenz, oberhalb der Mosel-Mündung	2000	43000	21,5	14,1
3) Die Ems bei Rheine .	65	600	9,3	6,1
4) Die Weser b. Schlüsselburg	370	7100	19,2	12,6
5) Die Weichsel b. Schwetz	3400	34000	10,0	6,6
6) Die Weichsel oberhalb der Montauer Spitze	3500	24000	6,9	4,5
7) Der Pissek b. Johannisburg	35	330	9,4	6,2

Es ergiebt sich hieraus wieder, dass auch in diesen Fällen die abgeführte Wassermenge bedeutend kleiner, als der jährliche Niederschlag ist: es zeigen sich aber wesentliche Unterschiede, die man keineswegs als Beobachtungsfehler ansehn kann, sie geben vielmehr, übereinstimmend mit der obigen Auseinandersetzung, zu erkennen, dass die Wassermenge, welche aus Gebirgsgegenden den Strömen zugeführt wird, viel bedeutender ist, als diejenige, welche eine gleiche Oberfläche des ebenen Landes liefert.

Ueber die einzelnen Beobachtungen muss noch bemerkt werden, dass

No. 1. zwar nur auf einer einzelnen Messung beruht, die aber bei einem Wasserstande angestellt wurde, der dem mittleren sehr nahe war.

No. 2. gründet sich auf eine einzige Messung bei sehr niedrigem Wasser; das aus ihr gezogene Resultat verdient sonach weniger Vertrauen, als das erste.

No. 3. liegen mehrere Messungen zum Grunde, die jedoch in allen Details nicht mehr bekannt sind.

No. 4. bezieht sich auf mehrere Beobachtungen, die vor wenig

Jahren bei verschiedenen Wasserständen mit vieler Sorgfalt angestellt sind.

No. 5. und 6. liegen wieder nur einzelne Messungen zum Grunde, die aber bei Wasserständen gemacht sind, welche nicht viel unter dem mittleren waren.

No. 7. ist endlich auf eine Messung basirt, die ich bei einem Wasserstande, der dem mittleren sehr nahe kam, ausgeführt habe.

§. 7.

Quellenbildung.

Die Wassermenge, welche ein Strom abführt, beträgt im Allgemeinen kaum die Hälfte von derjenigen, welche als Regen und Schnee in dem ganzen Stromgebiete niederfällt, und die Annahme, dass die sämmtlichen Flüsse allein dem atmosphärischen Niederschlage ihren Ursprung verdanken, erscheint in dieser Beziehung vollständig gerechtfertigt. Einzelne Quellen zeigen indessen Erscheinungen, die sich auf diese Art nur unter Voraussetzung einer eigenthümlichen Lage der theils undurchdringlichen, theils wasserleitenden Schichten im Erdboden erklären lassen, und wenn solche unwahrscheinliche Verhältnisse häufig angenommen werden müssten; so würde sich hieraus ein sehr begründeter Zweifel gegen diese Erklärungsart ergeben. Unter der zahllosen Menge von Quellen und Brunnen, die man beobachtet hat, giebt es indessen nur wenige, welche etwas Auffallendes zeigen, und es rechtfertigt sich daher für diese sehr wohl die Annahme, dass eine eigenthümliche Gestaltung des Bodens, deren Stattfinden im Allgemeinen wenig Wahrscheinlichkeit hat, hier wirklich eingetreten ist. In dieser Art erklärt es sich, wenn z. B. im aufgeschwemmten Boden, zwischen zwei tiefen Stromarmen, eine Quelle bis über das Niveau des sie ringsumgebenden Stromes aufsteigt, wie sich dieses durch Abbohrung eines Artesischen Brunnens neben der Domkirche in Königsberg auf einer Insel in dem sehr tiefen Pregel ereignet hat. Auffallender ist noch das Phänomen, das Poussin *) er-

*) *Travaux d'améliorations intérieures des états unis d'Amérique par G. Poussin.* Paris 1834. p. 226.

wähnt, dass nämlich vor der Mündung des Missisippi in einer Bank von aufgeschwemmtem Boden Salzquellen in der Höhe von 7½ Fuss über dem mittleren Spiegel der See ausfliessen, welche, da der Unterschied zwischen hohem und niedrigem Wasser hier noch nicht 13 Fuss beträgt, sogar über dem Wasserstande zur Zeit der Fluth liegen. Auch findet man zuweilen, dass unmittelbar am Strande des Meeres und selbst an ganz flachen Ufern sich süsses Wasser in Brunnen sammelt, wobei es gewiss unerwartet ist, dass die Quellen desselben nicht mit dem naheliegenden Wasserbecken in Verbindung stehn, sondern von diesem getrennt aus grösserer Entfernung gespeist werden. Eine solche Annahme schliesst indessen keineswegs eine Unmöglichkeit in sich, sie ist sogar um Vieles wahrscheinlicher, als die gewagten Hypothesen, die man sonst über den Ursprung der Quellen aufgestellt hat, und welche mit den übrigen Erfahrungen und Erscheinungen beinahe ausser allem Zusammenhange stehn.

In neuerer Zeit, seitdem die Artesischen Brunnen nicht selten überraschende Resultate gegeben haben, sind manche Zweifel gegen jene Erklärungsart von neuem angeregt, und wieder andere Hypothesen vertheidigt, die zum Theil schon früher aufgestellt waren. Einige derselben, welche noch die meiste Berücksichtigung verdienen, will ich hier kurz berühren. *)

Hierher gehört zunächst die Vorstellung, welcher Descartes und Silberschlag folgten, dass das Meereswasser durch unterirdische zusammenhängende Höhlungen den Erdboden durchzieht, und so tief in denselben eindringt, bis die zunehmende Erwärmung (auf 80 bis 100 Fuss Tiefe scheint im Allgemeinen die Wärme des Bodens um 1 Grad Reaumur zuzunehmen) das Wasser zum Sieden bringt. Auf solche Art sollen sich Dämpfe bilden, die in den vorausgesetzten senkrechten Spalten wieder in die Höhe steigen, bis sie in der Nähe der kalten Oberfläche, wie in dem Helme einer Destillirblase, niederschlagen und als tropfbar flüssiges Wasser zum Vorschein kommen. Wollte man hierbei auch alle die gewagten Voraussetzungen, die sich eben

*) Vergl. Hoffmann's physische Geographie, und *Arago sur les puits forés* im *Annuaire* 1834.

so wenig bestimmt widerlegen, als begründen lassen, für wahr ansehn, so zeigt eine bekannte Thatsache, wie dieses schon de Luc bemerkte, die Unhaltbarkeit der ganzen Erklärung. Die Wassermenge der Quellen erreicht nämlich niemals bei starker Kälte ihr Maximum, wie dieses doch der Fall sein müsste, wenn hier wirklich eine Destillation vor sich ginge, sondern gerade während des Frostes pflegen die Quellen am ärmsten zu werden, und dagegen schwellen sie beim Schmelzen des Schnees, also beim Wiedereintritt der Wärme und nach starkem Regen am meisten an.

Ferner hat man in der Capillar-Attraction die Kraft gesucht, durch welche das Seewasser bis zum Kamme der höchsten Gebirge gehoben wird. Legt man einen weichen Sandstein, der vorher trocken war, in ein Gefäss mit Wasser, so wird der Stein nicht nur in dem eingetauchten Theile vom Wasser durchzogen, sondern dasselbe steigt darin langsam einen Fuss, auch wohl noch höher hinauf, und zwar ist die Erscheinung genau übereinstimmend mit dem Aufsteigen des Wassers in Haarröhrchen, welches bekanntlich bis zu einer um so grösseren Höhe erfolgt, je enger die Röhre ist. Die Benetzung des Steines reicht daher um so höher, je feiner das Korn desselben ist, denn in gleichem Maasse müssen sich im Allgemeinen auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnchen verengen. Wenn beim feinsten Sande oder einem sehr feinkörnigen Sandsteine die Zwischenräume $\frac{1}{200}$ Linien weit sind, so möchte das Wasser etwa 4 Fuss hoch den Stein benetzen; damit die Benetzung sich aber auf 15000 Fuss Höhe erstrecken könnte, wo doch noch Quellen sich zeigen, müssten die Zwischenräume nur den 250000 Theil einer Linie weit sein. Es fehlt natürlich jede Bestätigung dafür, dass solche enge Zwischenräume wirklich vorhanden sind, und dass in dieselben noch das Wasser, mit Befolgung des gleichen Gesetzes, wie in den viel weiteren Haarröhrchen, eindringt. Demnächst wird dabei auch die Voraussetzung gemacht, dass die Salztheilchen, welche in dem Meereswasser befindlich sind, zu grob waren, um durch diese feinen Räume noch eindringen zu können, denn das Wasser enthält dieselben nicht mehr, wenn es an der Oberfläche wieder erscheint. Diese ganze Hypothese könnte indessen immer nur

erklären, dass das Erdreich bis zu den höchten Bergen durchnässt, oder mit Wasser durchzogen wird, und es bliebe noch die Frage zu beantworten, durch welche zweite, der Capillar-Attraction entgegenwirkende Kraft die Wassertheilchen, sobald sie oben angelangt sind, aus den feinen Zwischenräumen herausgerissen werden, so dass sie wieder frei abfliessen können. Ein schmales Stückchen Schwamm, welches man über den Rand eines mit Wasser gefüllten Gefässes hängen lässt, wirkt freilich wie ein Heber und führt in einzelnen Tropfen das Wasser über den Rand; aber diese Wirkung hört ebenso, wie die des Hebers, augenblicklich auf, sobald das überstehende Ende in gleicher Höhe, oder gar noch höher als der Wasserspiegel im Gefässe, sich befindet. Die blosse Voraussetzung einer sehr kräftigen Capillar-Attraction ist also keineswegs hinreichend, um den Ursprung der Quellen zu erklären.

Eine dritte Hypothese, welche namentlich in neuerer Zeit durch die Ergiebigkeit mancher Artesischen Brunnen angeregt ist, und die von ausgezeichneten Physikern vertheidigt wird ,setzt voraus, dass in grösserer oder geringerer Tiefe unter der Erdoberfläche Wassermassen eingesperrt sind, welche keinen natürlichen Ausweg haben, und unter dem Gewichte des darauf liegenden Bodens sich in einer starken Spannung befinden. Sobald ein Bohrloch bis zu einer solchen Wasserblase herabgetrieben wird, entsteht ein springender Strahl, der um so heftiger aufsteigt, je grösser der Druck des Erdreichs in Vergleich zum Drucke einer eben so hohen Wassersäule ist. Es verdient kaum erwähnt zu werden, dass die überdeckende Erdschicht eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit haben muss, damit sie eines Theils wasserdicht, und andern Theils auch wieder so biegsam, und in ihren Theilen zugleich so innig zusammenhängend ist, dass sie nicht stückweise herabfallen, sondern im Ganzen auf der Oberfläche des Wassers ruhen und dieselbe drücken kann. Diese Erklärung lässt sich übrigens auf andere, als die aufgebohrten Quellen nicht leicht anwenden, wenigstens nicht auf solche, von denen man weiss, dass sie schon Jahrhunderte, oder Jahrtausende hindurch fliessen; auch wo Felsenboden sich vorfindet, ist ein Aufliegen und ein Drücken auf das unterirdische Wasserbassin undenkbar. Bei den künstlich eröffneten, gebohrten Brunnen

zeigt sich zuweilen eine bald eintretende merkliche Abnahme der ausfliessenden Wassermenge, und dieser Umstand scheint die in Rede stehende Hypothese zu bestätigen, doch ist die Erscheinung auch unter der viel einfacheren Voraussetzung einer Speisung durch Tageswasser keineswegs unerklärlich, und steht vielmehr im genauesten Zusammenhange mit der ganz gleichen Erscheinung, die man bei den meisten Röhrenleitungen wahrnehmen kann, dass nämlich im ersten Momente nach dem Oeffnen des Hahns das Wasser viel heftiger ausströmt, als später; der Grund davon wird in Folgendem entwickelt werden.

Dieses sind die vorzüglichsten Hypothesen, die man aufgestellt hat, um den Ursprung der Quellen anders als durch den atmosphärischen Niederschlag zu erklären; der Grund aber, weshalb man den letzteren nicht für ausreichend hielt, war ausser einer unverkennbaren, der früheren Physik eigenthümlichen Vorliebe zum Wunderbaren, zunächst die Ueberschätzung des Wasserreichthums der Quellen; ferner, wie schon erwähnt, manche Eigenthümlichkeiten, welche sich hin und wieder zeigen, und welche bei dieser Erklärungsweise eine seltene Combination der Schichtung der Erdoberfläche voraussetzen, und endlich noch die Bemerkung, dass gewisse Erdarten auf keine grosse Tiefe das Wasser eindringen lassen und daher die Quellenbildung in denselben unmöglich ist. Was den letzten Umstand betrifft, so erwähnt ihn schon Seneca, und die spätern Beobachtungen, namentlich von de la Hire, zeigen, dass in der Gartenerde, wenn sie im gewöhnlichen compacten Zustande sich befindet, das Regenwasser nicht tiefer, als höchstens etwa bis auf einen Fuss eindringt, und sonach die Quellen, die man in der Tiefe von mehreren Hundert Fuss aufgebohrt hat, hiermit offenbar in gar keinem Zusammenhange stehn. Die ganze Erdoberfläche ist indessen keineswegs mit Gartenerde überdeckt, und eben so wenig besteht sie aus wasserdichten Felsarten, die keine Zwischenräume und Spalten haben: es finden sich vielmehr häufig auch Ablagerungen von Sand und Kies oder klüftigem Gestein, die das Wasser mit grosser Leichtigkeit durchdringt. Die Beobachtungen und Erfahrungen in vielen Bergbauen zeigen auch deutlich, dass der Wasserzudrang daselbst, ungeachtet einer bedeutenden Tiefe, von dem Regen und Schmelzen des Schnees abhängig ist. So

bemerkt man in den Gruben zu Cornwallis, dass wenige Stunden nach einem starken Regen die Grubenwasser zunehmen, und dasselbe hat man in den Kohlenzechen an der Ruhr gleichfalls wahrgenommen. Es ergiebt sich hieraus augenscheinlich, dass selbst solche tief liegende Quellen dem Regen ihren Ursprung verdanken.

Auf welche Art das Wasser in den Boden eindringt und an den tiefern Stellen der Erdoberfläche wieder zum Vorschein kommt, kann bei einem kiesigen und sandigen Grunde nicht zweifelhaft sein. Jenachdem die Zwischenräume, die sich darin vorfinden, grösser oder kleiner sind, und jenachdem der Weg des Wassers kürzer oder länger ist, so erfolgt das Durchdringen auch mit grösserer oder minderer Schnelligkeit. Füllt man eine oben und unten offene Glasröhre, die auf eine Metallplatte gestellt ist, mit Sand und giesst Wasser hinein, so wird letzteres schnell in den Sand eingezogen, und man bemerkt, dass der Sand durchnässt wird. War die Wassermasse nicht hinreichend, um allen Sand bis zum untern Ende der Röhre zu benetzen, so erfolgt keine weitere Bewegung des Wassers; dasselbe wird vielmehr durch die Capillar-Attraction so fest im Sande gehalten, dass die Wirkung der Schwere sich dabei nicht weiter zu erkennen giebt. Die vollständige Benetzung des Sandes erfolgt, wenn $\frac{1}{5}$ bis $\frac{2}{5}$ von dem Volum des Sandes an Wasser zugegossen sind. Ein stärkerer Zusatz an Wasser kann weder aufgenommen noch gehalten werden; die Capillar-Attraction setzt seiner Bewegung auch kein weiteres Hinderniss entgegen, sie erlaubt den einzelnen Wassertheilchen, der Wirkung der Schwere zu folgen, so lange andere an deren Stelle treten, und nur die letzten hält sie mit ihrer ganzen Kraft zurück. So geschieht es, dass das Wasser, welches in den erwähnten Apparat nach der vollständigen Benetzung des Sandes noch eingegossen wird, aus der untern Oeffnung der Röhre hervorquillt, und wenn man umgekehrt das Wasser von unten in die mit trocknem Sande gefüllte Röhre eindringen lässt, so wird der Sand bis zu einer gewissen Höhe benetzt, aber weiter zieht sich kein Wasser hinein, weil die Capillar-Attraction nur bis zu einer bestimmten Grenze wirksam bleibt und eine andere Kraft nicht vorhanden ist, um das Wasser noch ferner steigen zu lassen. Auf solche Art setzen sich zwei

verschiedene Wasserspiegel, die durch zwischenliegende Sand- oder Kiesmassen von einander getrennt sind, nach und nach in gleiches Niveau; daher rührt die Ansammlung des Wassers im Kessel der Venetianischen Brunnen, und ebendaher ist es so schwer, in einem Boden dieser Art einen Wasserstand zu halten, der höher oder niedriger als der des Grundwassers ist. Liegt letzteres bedeutend unter der Oberfläche des Erdbodens, so wird eine Ableitung des Tagewassers nach einer niedrigeren Gegend überflüssig sein, indem selbiges sich schon in den Boden einzieht und verschwindet. Dieses eindringende Wasser ist jedoch selten ganz rein, gewöhnlich schweben darin feine Thon- und Humustheilchen, die es mehr oder weniger trüben. Diese Theilchen dringen gleichfalls in die Zwischenräume zwischen den Sandkörnchen, aber bald finden sie den Weg so verengt, dass sie stecken bleiben, und sonach werden sie vom Wasser ausgeschieden, und dieses kommt in einem klaren und durchsichtigen Zustande wieder zum Vorschein, wenn es auch trübe hineingeflossen war. Hierauf beruht die Wirksamkeit der Filtrir-Apparate, die man zum Reinigen des Wassers anwendet und wovon später ausführlicher die Rede sein wird. Es folgt hieraus auch, dass die Zwischenräume in der Nähe der Oberfläche nach und nach verstopft werden, und der Sand dadurch die Eigenschaft verliert, das Wasser durchzulassen. Wenn alsdann der Zufluss des trüben Wassers noch fortdauert, so sinken die feinen Theilchen bei der aufhörenden Bewegung auch ferner zu Boden und die wasserdichte Schicht gewinnt immer mehr an Stärke. Will man aber das Tagewasser aus einer solchen versumpften Gegend entfernen, so darf man nur die obere Schicht durchstechen, worauf das Wasser sich von Neuem in den Boden einzieht. Dieses erfolgt so lange, als die Zwischenräume in dem Sande noch offen bleiben.

Hierauf beruht die Wirksamkeit der sogenannten Schlinggruben oder Senkgruben, die zuweilen ihren Zweck, nämlich die Entfernung des Tagewassers, sehr vollständig erfüllen. Sie pflegen indessen sich bald zu verstopfen und werden alsdann unbrauchbar; man kann ihre Dauer jedoch sichern, wenn man sie von Zeit zu Zeit nicht nur aufgräbt, (wodurch sie immer tiefer werden würden, bis man sie endlich verlassen müsste)

sondern dass man nach dem jedesmaligen Ausheben der verunreinigten Sandschicht eine eben so starke Lage reinen Sandes hineinbringt. Die an den Filtrir-Apparaten gemachten Erfahrungen zeigen nämlich, dass die feinen Erdtheilchen nur wenig Zolle tief in den Sand einzudringen pflegen. Durch dieses Mittel kann man also den sandigen oder kiesigen Untergrund in seiner vollen Reinheit und Wirksamkeit erhalten. Um an einem Beispiele zu zeigen, dass solche Schlinggruben bedeutende Wassermassen abführen können, erinnere ich an das rechte Rheinufer oberhalb Cöln. Von dem Gebirge, welches hier in die Ebene des Rheinthales ausläuft, kommen zwischen Siegburg und Deutz sechs Bäche herab, die zum Theil Mühlen treiben, die aber sämmtlich, sobald sie in die Ebene treten, versiegen. Zwischen diesen Bächen und dem Rheine zieht sich sogar eine beträchtliche Anhöhe hin, welche die Durchführung künstlicher Abzugsgräben erschwert. Der Boden besteht aber aus dem ziemlich groben Rheinkiese, den das Wasser leicht durchdringt und der das Grundwasser wahrscheinlich im Allgemeinen nicht viel über den Wasserspiegel des Rheins steigen lässt. Ungefähr in der Mitte der erwähnten Ebene liegt das Dorf Lind, welches nur durch Schlinggruben vom Wasser frei gehalten wird; dieselben werden mit wenig Vorsicht von den Bewohnern eröffnet und unterhalten, aber dennoch erfüllen sie in gewöhnlichen Fällen ihren Zweck, und nur bei anhaltend hohem Wasserstande des Rheins, wobei das Grundwasser gleichfalls steigt, zeigen sie sich als unzureichend und lassen den Mangel eines offenen Abzugsgrabens schmerzlich empfinden.

Diese Thatsachen beziehn sich auf die einfachsten Fälle und liegen ganz im Kreise derjenigen Erscheinungen, die wir noch heute um uns vorgehn sehn. Die mächtigen Ablagerungen des aufgeschwemmten Bodens, welche den grössten Theil der Erdoberfläche bedecken, sind wahrscheinlich unter ähnlichen Verhältnissen gebildet. Sind sie der Niederschlag des stehenden, oder doch nur wenig bewegten Wassers, welches die darin schwebenden Thontheilchen fallen liess, so stellen sie eine für das Wasser mehr oder weniger undurchdringliche Schicht dar. Führte dagegen ein heftiger Strom grobes Geschiebe und Kies, und füllte damit sein Bette, wie dieses auch heute geschieht,

so bildete sich eine **wasserleitende** Schicht; das Letztere musste auch geschehn, wenn anhaltender Wellenschlag eine bereits früher erfolgte Ablagerung traf und alle feinen Theilchen daraus wieder auswusch. Die Verhältnisse bleiben aber keineswegs immer unverändert; die allmälige Umgestaltung des Bodens wird bald Veranlassung, dass wasserleitende Schichten von undurchdringlichen überdeckt werden und umgekehrt, wie dieses in Flussthälern, worin die Ufer nicht vollständig gesichert sind, auch noch geschieht. Auf diese Art ist eine mannigfache Abwechselung der beiden Gattungen von Schichten entstanden, und in Rücksicht auf die Quellen bildet sich eine noch grössere Verschiedenheit dadurch, dass diese Schichten nicht immer horizontal liegen und dass sie bestimmte, oft sehr scharf abgeschnittene Grenzen haben.

Eine wasserleitende Schicht, welche an ihrem obern Ende das Regenwasser aufnimmt, bildet einen natürlichen Quell, wenn sie am untern Ende wieder die Erdoberfläche trifft; erreicht sie jedoch nicht die Erdoberfläche, und bleibt sie des Wasserdruckes ungeachtet mit einer undurchdringlichen Schicht bedeckt, so wird diese, wenn sich auch kein eigentlicher Quell darin bildet, doch immer feucht und deshalb häufig unfähig zur Cultur sein. In solchem Falle befand sich die kleine Besitzung Princetorp in Warwick, wo Elckingston den ersten Versuch zur Trockenlegung der Felder machte, und wo er seine Wirksamkeit begann, die bald darauf weit und breit in Anspruch genommen und später auf Veranlassung der Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues durch Johnston beobachtet und bekannt gemacht wurde. Der thonige Untergrund war hier beständig vom Wasser durchzogen, und die Gräben, die man anlegte, verfehlten ihren Zweck, indem kein Wasser hineinfloss. Elckingston hatte als letzten Versuch noch einen sehr tiefen Graben ausheben lassen, der aber, gleich den früheren, sich nicht mit Wasser füllte. Als er jedoch absichtslos seinen Stock in die Sohle des Grabens tief hineinstiess, erreichte er zufällig die wasserleitende Kiesschicht, welche dem Thone das Wasser zugeführt hatte; ein starker Quell sprudelte mit Heftigkeit hervor und das Feld wurde trocken.

Erreicht man durch Graben oder Bohren solche Schichten, so füllen sich die Brunnen mit Wasser an, und wenn die Höhen-

lage es gestattet, so werden diese Brunnen überfliessen. Auch diejenigen Kiesschichten, denen ein natürlicher Abfluss nicht fehlt, sind zur Speisung von Brunnen geeignet, und können überfliessende Brunnen bilden, wenn das Wasser auf dem neuen künstlichen Wege leichter entweichen kann, als durch den früheren natürlichen Abfluss.

Manche Kiesschichten haben am obern Ende keinen natürlichen Zufluss, während sie unten geöffnet sind; wenn daher zufälligerweise Wasser in sie eindringt, so werden sie dieses sehr leicht aufnehmen und abführen. Dasselbe geschieht auch in andern Schichten, wenn die Capacität des Abflusses grösser ist, als die zugeführte Wassermenge. Dieses sind die absorbirenden Schichten, die sehr geeignet sind, einen Zweck zu erfüllen, welcher dem der gewöhnlichen Brunnen gerade entgegengesetzt ist. Bei den Entwässerungsanlagen, die Elckingston später ausführte, benutzte er zuweilen auch solche absorbirende Schichten, und stürtzte das Wasser unmittelbar aus der Kiesschicht, die es zuführte, durch ein Bohrloch in eine darunter befindliche absorbirende Schicht. Auch bei Brunnenanlagen zeigen sich häufig Schichten der letzten Art. Auf dem hohen Ufer der Samländischen Küste in Ost-Preussen, nahe an der See, besteht unter Andern ein achtzig Fuss tiefer Brunnen, der zwar immer Wasser enthielt, der aber im Gebrauche unbequem war. Man glaubte, durch weitere Vertiefung reichhaltigere Quellen zu eröffnen und den Wasserspiegel zu heben, doch war der Erfolg gerade ein entgegengesetzter: man erreichte eine absorbirende Schicht, und der Brunnen versiegte ganz. Aehnliche Beispiele ereignen sich nicht selten, wo dergleichen abwechselnde Schichten vorkommen.

Bisher ist nur von wasserleitenden und undurchdringlichen Schichten die Rede gewesen, es finden sich jedoch alle möglichen Abstufungen zwischen beiden. Zu diesen gehört auch der feine Sand, der wegen der Art, wie er das Wasser ausfliessen lässt, eine besondere Erwähnung verdient. Er kann bei seiner Ablagerung verschiedene Grade von Dichtigkeit annehmen. Wird die Schüttung mit grosser Vorsicht und recht leise ausgeführt, so dass die einzelnen Körnchen sich möglichst sanft niederlegen, so lassen sie grössere leere Räume zwischen sich, die auch

später durch blossen Druck nicht beseitigt werden, indem der reine Sand nicht comprimirbar ist. Wenn dagegen eine Erschütterung erfolgt, so lagern sich die einzelnen Körnchen weit dichter, wobei ein starkes Setzen eintritt. Dieses Setzen erreicht bei ganz trockenem Sande keineswegs das Maximum: träufelt man Wasser darauf, so vermindert sich immer noch ziemlich merklich der cubische Inhalt. Aber man kann bei starker Benetzung und durch heftiges Umrühren auch wieder den allerlockersten Zustand der Schüttung darstellen und die Körnchen so übereinander legen, dass sie sich gegenseitig eben nur stützen und selbst bei leisem Stosse zusammen fallen. Ich nahm eine Quantität rein ausgewaschenen trockenen Seesand und schüttete ihn durch einen Trichter vorsichtig in ein cylindrisches Gefäss von $1\frac{3}{4}$ Quadratzoll Grundfläche. Die Höhe der Schüttung betrug 6,92 Zoll. Darauf stampfte ich den Sand durch wiederholtes Einstossen eines Drahtes so lange, bis der Draht endlich den Sand nicht mehr durchdringen konnte. Jetzt betrug die Höhe nur noch 6,37 Zoll. Die Dichtigkeit hatte also ungefähr um $\frac{1}{13}$ zugenommen. Durch vorsichtiges Hinzutröpfeln (damit nicht etwa grosse Luftmassen in dem Sande zurückblieben) konnte ich eine Quantität Wasser, die einer Höhe des Cylinders von 2,16 Zoll entsprach, hineinbringen, und indem ich den Sand von Neuem stampfte, betrug seine Höhe nur noch 6,17 Zoll; das Volum hatte also wieder um $\frac{1}{30}$ abgenommen. Ein fernerer Zusatz von Wasser sammelte sich sogleich an der Oberfläche, doch zog er sich beim Umrühren wieder in die dadurch enstehenden Zwischenräume ein, und es war auf solche Art sogar möglich, im Ganzen 3 Cubikzoll Wasser in den Sand zu bringen; die Höhe des Gemenges betrug alsdann 7,42 Zoll, woher eine gewisse Quantität Luft durch das Umrühren hineingekommen sein musste.

Die Festigkeit, sowie die Eigenschaft, das Wasser durchzulassen, sind bei diesen verschiedenen Arten der Ablagerung des Sandes sehr verschieden. Compact geschüttet und benetzt widersteht der Sand einem starken Drucke, während die letzterwähnte lose Schüttung dem geringsten Eindrucke nachgiebt. Beide Erscheinungen zeigen sich häufig sehr auffallend an sandigen Meeresküsten. Ein niedriger, vom starken Wellenschlage un-

ngst getroffener Seestrand zeigt eine Festigkeit, die man sonst r auf chaussirten Wegen findet: die Wagenräder rollen dar- er, ohne eine Spur zu hinterlassen, und kaum erkennt man Stellen, wo der Pferdehuf aufschlug. Wenn dagegen durch s Steigen des Grundwassers, wie etwa beim Anschwellen der e, aus niedrigen Sandflächen das Wasser aufquillt, alsdann det sich jener gefährliche und leicht bewegliche Boden, der ter dem Namen des Triebsandes bekannt ist, worin zu- llen Reisende und noch häufiger Pferde und Vieh verunglücken. interessantesten ist die Erscheinung des Triebsandes, wenn rselbe schon seit einigen Wochen sich gebildet hat und das asser von seiner Oberfläche verschwunden ist, so dass diese eder trocken liegt Man erkennt solche Stellen nur an ihrer llkommen horizontalen Lage und an der Abwesenheit jeder getation. Betritt man sie, so empfindet man ein sanftes hwanken des Bodens, das bei heftigem Auftreten und Springen er so bedeutend wird, dass Flächen von mehreren Ruthen erklich auf und niederschwingen. Zu lange darf ein solcher rsuch nicht fortgesetzt werden, sonst bricht der Boden. Man nn aber leicht auch ohne gewaltsames Einbrechen den Trieb- nd verschwinden lassen, um ohne Gefahr darüber zu kommen: n darf nur eine Stange wiederholentlich einstossen, so quillt s Wasser mit Heftigkeit heraus und der Sand lagert sich fester. enn Pferde oder Menschen hineingerathen, so erfolgt auch genblicklich das Ausscheiden des Wassers. Es spritzt bei eser Gelegenheit sogar in starken Strahlen herauf, und der nd lagert sich um den darin steckenden Gegenstand so fest, ss eben dadurch das Herauskommen für Pferde und Vieh ohne emde Hülfe unmöglich wird. Die Oberfläche bedeckt sich bei eser Gelegenheit mehrere Zoll hoch mit Wasser, und in wei- n Umkreise verschwindet die Gefahr vor einem ähnlichen Ein- nken. Bis zu welcher Tiefe der Triebsand sich bildet, wird an daraus entnehmen, dass Pferde nicht selten so tief hinein- ürtzen, dass der Sand über ihrem Rücken zusammenschlägt d nur der Kopf frei bleibt; auf der Frischen Nehrung habe h dieses gesehn.

Wenn der Sand festgelagert ist, so dringt das Wasser durch nselben zwar hindurch, doch geschieht dieses weit langsamer,

als wenn die Sandkörnchen eine lose Stellung wie im Triebsande eingenommen haben. Erfolgt die Durchströmung von oben nach unten, so wird der lockere Zustand bald aufgehoben und es bildet sich eine feste Ablagerung; im umgekehrten Falle verwandelt sich dagegen selbst die feste Ablagerung in eine lose. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man eine Röhre in ein Glas stellt und letzteres mit feuchtem Sande fest anfüllt, so dass man z. B. einen Draht nur mit Mühe hineinstossen kann. Giesst man darauf in die über dem Sande vorstehende Röhre Wasser, so dass dieses von unten nach oben den Sand durchdringen muss, um sich ins Gleichgewicht zu setzen, und lässt man es mit dem Drucke von einigen Zollen auf den Sand wirken, so verschwindet sehr schnell die frühere Festigkeit, und jener Draht, den man zuvor nur mit Mühe hineinbringen konnte, sinkt von selbst zu Boden.

Dieser Versuch dürfte für die meisten Fälle die Entstehung des Triebsandes erklären? Quellen, die im Sandboden aufsteigen, erzeugen jedesmal Triebsand, doch giebt es noch eine andere Veranlassung zur Bildung desselben: der Sand ist nämlich festgelagert, sobald die einzelnen Körnchen sich gegenseitig entweder durch directe Unterstützung, oder auch durch die zwischen ihnen stattfindende Reibung so festhalten, dass kein weiteres Eindringen in die Zwischenräume erfolgt. Bei einer geringen Benetzung tritt die Wirkung der Capillar-Attraction hinzu, welche den gegenseitigen Druck und sonach die Reibung noch vermehrt; wird aber das Wasser so reichlich zugesetzt, dass die Capillar-Attraction aufhört (wie dieses z. B. geschieht, wenn man trocknen Sand in ein mit Wasser gefülltes Gefäss schüttet, wobei augenscheinlich ein Körnchen gar nicht mehr an dem andern haftet), alsdann ist die Reibung geringer, als sie bei der trocknen Schüttung war, indem das Wasser wie eine Schmiere wirkt. So kann eine Sandschüttung durch das Zutreten von vielem Wasser ihre Festigkeit verlieren. Dass aber die Reibung bei stark durchnässtem Sande wirklich geringer ist, als bei trocknem, zeigt sich deutlich, wenn man die stärksten Böschungen misst, die trockner Sand und Sandschüttungen unter Wasser annehmen. Für jenen reinen Seesand fand ich im trocknen Zustande die stärkste Neigung gegen den Horizont gleich 35½ Grad,

während er unter Wasser sich nicht steiler, als höchstens auf 29 Grad stellen liess.

Endlich wird der Triebsand auch noch erzeugt, wenn Sandmassen in stehendes Wasser geweht, oder durch Bäche hineingespült werden. Die drei verschiedenen Ursachen, die ich angeführt habe, scheinen indessen noch nicht zu genügen, um die Auflockerung des Sandes bis zu der Tiefe zu erklären, in welcher der Triebsand zuweilen vorkommt, und man muss wohl die Voraussetzung machen, dass an manchen Stellen der Sand seine lockere Beschaffenheit seit seiner ersten Ablagerung beibehalten hat; dieses Letzte wäre derjenige Triebsand, den man bei allen Bauten mit Recht fürchten muss, und man wird ihn erkennen, wenn Pfähle mit Leichtigkeit hineindringen, ohne dass eine Senkung des Wassers in der Baugrube vorgenommen ist, dagegen wird keine Besorgniss gegen die natürliche Festigkeit des Sandbodens begründet, wenn während des Pumpens sich Triebsand bildet, denn auch der festeste Sand verwandelt sich in einen solchen, sobald man durch Senkung des Grundwassers die Quellen gewaltsam in der Richtung von unten nach oben hindurchtreibt. Ein fortgesetztes Pumpen kann daher sehr nachtheilige Folgen haben, und einen an sich guten Baugrund vollständig verderben. Man muss daher im sandigen Boden mit der Anwendung von Schöpfmaschinen äusserst behutsam sein, und keine starke Senkung des Grundwassers lange Zeit hindurch erzwingen wollen. Das Anwachsen der Quellen und eine sehr bemerkbare zunehmende Unzulänglichkeit der Pumpen pflegt in solchem Falle auch gewöhnlich zu zeigen, dass die Quellen immer mehr den Grund verschlechtern.

Dieselben Verhältnisse, die in dem aufgeschwemmten Boden vorkommen, zeigen sich auch in den Gebirgsformationen, und die Bildung der Quellen ist hier zuweilen noch viel auffallender, insofern einige Gebirgsarten dem Wasser einen weit leichteren Durchfluss gestatten, als die Kiesablagerungen. Namentlich ist dieses bei manchen Sandsteinen und besonders beim klüftigen Kalke der Fall. In letzterem bilden nicht nur die ursprünglichen Spalten ein zusammenhängendes Netz von offenen Fugen, sondern diese werden auch fortdauernd durch das hindurchfliessende Wasser erweitert, und so entstehn vollständige Wasserleitungen

und sogar weit ausgedehnte unterirdische Bach- und Flussbetten. Die weiten Höhlen, die man mitunter auf stundenlange Entfernungen verfolgt hat, gehören wenigstens theilweise hierher. Einige derselben werden noch durch starke Bäche durchströmt: so die Höhle im Thale des Caripe in Peru und manche Höhlen im Adelsberge in Illyrien. Bei andern sind freilich die Oeffnungen nicht so gross, dass man sie verfolgen könnte, aber dennoch zeigt sich hin und wieder die Erscheinung, dass auch grössere Körper mit dem Wasser aus dem Boden treten, woraus sich ergiebt, dass der unterirdische Lauf ohne Unterbrechung eine entsprechende Weite haben muss. So kamen aus dem Bohrloche bei Tours Saamen von Sumpfpflanzen, Dornenzweige von etwa 1 Zoll Länge, Stücke Wurzeln, kleine Muscheln und dergleichen aus einer Tiefe von 109 Meter herauf. Durch andere Brunnen sind lebende Fische ausgeworfen, auch hat man beim Abbohren Artesischer Brunnen häufig bemerkt, dass plötzlich das Gestänge des Bohrers herabsank; zu Fontainebleau geschah dieses bis auf 7½ Meter, oder die Höhle, die man anbohrte, war mindestens 24 Fuss hoch, und hier, wie in andern Fällen, bemerkte man ein fortgesetztes Schwingen des Gestänges, welches sich nur dadurch erklären lässt, dass das untere Ende desselben in einen heftigen Strom eintauchte.

Das Vorhandensein solcher Ströme giebt sich aber auch sehr deutlich durch die grossen Wassermassen zu erkennen, die in manchen Fällen theils vom Boden verschluckt werden und theils gewaltsam aus demselben wieder hervorbrechen. Ein Beispiel hiervon war schon im frühesten Alterthume bekannt: der Kephissos in Böotien ergiesst sich in den Kopaïschen See, ohne dass letzterer einen offenen Abfluss hat; nichts desto weniger schwillt der See keineswegs fortwährend an, sondern im Gegentheile fliesst er im Sommer beinahe ganz ab, und es zeigen sich alsdann in dem Boden, der zur Kalkformation gehört, fünf Abzugsöffnungen, die zum Theil so geräumig sind, dass man hineingehn kann. Aus eben so vielen Ausflussmündungen kommt das verschluckte Wasser wieder zum Vorschein; vier derselben liegen östlich in der Entfernung von 3 bis 4 Meilen am Ufer der Meerenge von Negropont, eine fünfte liegt viel näher dem Kopaïschen See, und der Fluss, der daselbst entspringt, führt wieder den Namen

Kephissos. Diese natürlichen Abzüge verhindern indessen nicht
ollständig die höheren Anschwellungen des Sees und so hat man
chon in der frühesten Zeit zwei künstliche Entwässerungsstollen
ngelegt, die jedoch gegenwärtig verschüttet sind. Auch der
ee Phonia in Morea hat keinen offenen Abfluss; je nachdem
er unterirdische Abzugsgraben geöffnet und vor Verstopfungen
esichert ist, oder nicht, wechselt auch der Spiegel des Sees,
nd zwar in solchem Maasse, dass er vor wenigen Jahren 300
uss höher stand, als in früherer Zeit. *).

Besonders gehört hierher der Zirknitzer See in Illyrien,
essen plötzliches Anschwellen und gänzliches Versiegen schon
ange ein Gegenstand der Aufmerksamkeit der Physiker gewesen
st. Er liegt in einem ringsum geschlossenen Bergkessel der
Krainer Alpen, ungefähr zwei Meilen östlich von der Kuppe
ieses Gebirges, die unter dem Namen des Schneeberges be-
kannt ist. Seine Ausdehnung wird verschieden angegeben, und
ie mag auch, je nachdem die Ausflussöffnungen mehr oder weni-
ger verstopft sind, nicht immer gleich gross angenommen werden
können; sie scheint $1\frac{1}{2}$ bis 2 Quadratmeilen zu betragen. Das
Bette und die Ufer des Sees bestehn aus Kalkfelsen, worüber
ein starker Niederschlag aus Thon und vegetabilischer Erde sich
gebildet hat. An manchen Stellen ist jedoch der Kalkboden ent-
blösst, worin man eine grosse Anzahl von kleinen Oeffnungen
bemerkt. Auch befinden sich am Umfange eine Menge Höhlen,
in welchen man zum Theil bis 100 Fuss herabsteigen kann.
Alle diese Oeffnungen treten beim Anwachsen und beim Versie-
gen des Sees in Thätigkeit. Ihre Anzahl, oder vielmehr die
Zahl der Hauptgruppen von Oeffnungen, beträgt zwischen 40
und 50; einige werfen Wasser aus, andere saugen es ein, und
die meisten üben in den verschiedenen Zeiten beide Functionen
aus. Im Allgemeinen werfen die Oeffnungen an der östlichen
Seite vorzugsweise das Wasser aus, und die an der westlichen
verschlucken es; bei trockner Jahreszeit fliessen auch ungefähr
in dieser Richtung manche Quellen über den Boden des Sees
hin. Es ist also wahrscheinlich, dass die Quellen vom Schnee-
berge gespeist werden. Das Anschwellen und Abfliessen des

*) Poggendorff's Annalen der Physik. Band 38, Heft 2.

Sees erfolgt sehr unregelmässig. Im Allgemeinen pflegt zwar der See im Frühjahre trocken zu werden, doch geschieht dieses keineswegs in jedem Jahre und oft bleibt er zwei bis drei Jahre gefüllt; von 1707 bis 1714 wurde er gar nicht trocken; in manchen Jahren füllt er sich dagegen auch gar nicht an. Eine regelmässige Benutzung des Seebodens zum Ackerbau findet also nicht statt. Das Anschwellen erfolgt nie anders, als nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen eines starken Schneefalles. Alsdann füllt sich aber häufig in wenig Stunden der See an, so dass Leute, die sich gerade darauf befinden, kaum Zeit haben, das Ufer zu erreichen. Einzelne Höhlen am Ufer werfen bei dieser Gelegenheit grosse Wassermassen aus, aber auch die Oeffnungen am Boden werden wirksam, und es spritzen aus denselben mitunter hohe Wasserstrahlen als natürliche Springbrunnen hervor. Das Abfliessen des Sees erfolgt immer viel langsamer, und selbst unter günstigen Umständen nur in der Zeit von 14 Tagen. Auch hierbei sind einzelne Höhlen besonders thätig, und indem das Wasser denselben zuströmt, führt es grosse Massen Schilf und Rohr, Baumstämme und Fischernachen und überhaupt alle schwimmenden Körper mit sich, welche sich über den Oeffnungen ablagern und dieselben verstopfen. Aus diesem Grunde scheint im Allgemeinen die Höhe der Anschwellung immer zuzunehmen, wenigstens zogen sich die culturfähigen Aecker sonst tiefer in den See, als in späterer Zeit.

Die Veranlassung zu dieser merkwürdigen Erscheinung kann keine andre sein, als eine starke Strömung unter der Erdoberfläche. Bei mässigem Zuflusse ist das unterirdische Bette der Wassermenge entsprechend; bei starken Anschwellungen dagegen verbreitet sich die Inundation bis über die Oberfläche und füllt den See. In den äusseren Höhlen findet man auch, wenn der See leer ist, grosse Wasserbecken und zum Theil selbst fliessendes Wasser. Diese unterirdischen Bassins sind mit Fischen belebt, die beim Anschwellen des Sees in denselben treten und zu einer nicht unbedeutenden Fischerei Veranlassung geben. Die unterirdischen Strömungen geben sich noch auf andere Art zu erkennen, namentlich durch das Einstürzen der Oberfläche, welches erfolgt, sobald die Höhlen sich zu stark verbreiten. Besonders merkwürdig ist auf der westlichen Seite des Sees nach

Adelsberg zu im Kamienzwalde ein tiefer Trichter, worin der Strom auf eine kurze Strecke offen fliesst und zum Betriebe einer Sägemühle benutzt wird. Die vielen Grotten und Felsbrücken im Adelsberge verdanken diesen Strömungen gleichfalls ihre Entstehung, und ebenso werden dadurch auch die Flüsse gespeist, die in das Adriatische Meer ihren grossen Wasserreichthum ausgiessen. Es scheint indessen, dass ein Theil der Wassermenge des Zirknitzer Sees auch nach dem Norden fliesst, denn die Laibach und andere Zuflüsse der Sau bilden sich aus sehr ergiebigen Quellen, die auf kleine Flächen zusammengedrängt, aus dem Kalkboden hervortreten. *)

Die Orbe, welche am Fusse des Jura im Waadtlande entspringt, durchströmt den grösseren Lac de Joux und dicht unterhalb desselben den kleinern See gleiches Namens. Sobald sie aus diesem heraustritt, verschwindet sie vor einem Kalkfelsen und erscheint etwa eine halbe Stunde davon am Fusse einer nackten Felswand wieder. Die Oeffnungen, aus welchen sie hier hervorbricht, liegen 680 Fuss unter dem Spiegel jenes Sees. Der Zusammenhang beider Flüsse kann nicht zweifelhaft sein, doch gab er sich im Jahre 1776 auf eine sehr augenfällige Weise zu erkennen. Die Abzugsöffnungen hatten sich nämlich damals stark verstopft, so dass der kleinere See zum Nachtheil der umliegenden Ländereien bedeutend anschwoll; um diesen Uebelstand zu beseitigen und um eine gründliche Reinigung der Schlinggruben vorzunehmen, versuchte man den Zufluss ganz abzusperren und man durchdämmte die Orbe zwischen beiden Seen. Der grössere See schwoll indessen stark an, durchbrach den Damm und stürzte sich mit Heftigkeit in den kleinen See; bei dieser Gelegenheit wurde das Wasser der unterhalb entspringenden Orbe, welches sonst immer klar ist, stark getrübt. **)

Manche Fälle dieser Art kommen auch im nördlichen Deutschland vor: so entspringt unmittelbar in dem Weserufer, Dölme gegenüber (zwischen Holzminden und Hameln), in dem Kohlenkalksteine ein so kräftiger Bach, dass derselbe sogleich eine

---

*) T. Gruber's Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain. Wien 1781.

**) Poggendorff's Annalen. Band XVI. S. 595.

Mühle, die Steinmühle, treibt. Die Oeffnung des Felsens, aus welcher er hervorbricht, ist unmittelbar neben dem Mühlenrade.

Besonders verdienen die Quellen der Lippe und Pader in der Umgegend von Paderborn eine ausführliche Beschreibung. Die folgenden Angaben über ihre Reichhaltigkeit beziehn sich auf Messungen, die ich im Sommer 1839 zu einer Zeit anstellte, wo es zwar einige Tage hindurch stark geregnet hatte, jedoch die Wasserstände in den Flüssen und Bächen keineswegs besonders hoch waren und nur einem mittleren Sommerwasserstande entsprachen. Die Pader, die bei Neuhaus in die Lippe fällt, entspringt am Fusse der Anhöhe in Paderborn, worauf der Dom steht. Die Strassen in dem untern Theile der Stadt werden etwa 6 Zoll hoch von dem Wasser bedeckt, welches an beiden Seiten unter den erhöhten Trottoirs und unter den Häusern hervorbricht. Auf einem Flächenraume von 50 bis 60 Ruthen Länge und 40 Ruthen Breite sammelt sich eine Wassermasse, welche im Stande ist, zehn unterschlächtige neben einander liegende Mühlenräder zu treiben. Die Anzahl aller Wasserräder in Paderborn ist noch grösser, doch führe ich diejenigen nicht mit auf, welche vor oder hinter der Hauptreihe von Mühlen liegen. Das vorbrechende Wasser ist sehr klar und rein und von angenehmem Geschmack; nur nach heftigem Regen werden einige Quellen getrübt. Grosse Anschwellungen ereignen sich nie und ebenso wenig nehmen die Quellen auch nie stark ab. Der ganze Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande scheint nur etwa 1 Fuss zu betragen. An der Neuen Brücke, dicht vor der Stadt, sind alle Quellen vereinigt; ich fand daselbst die Wassermenge gleich 220 Cubikfuss in der Secunde. Der auf den Charten angegebene kleine Bach, die Raute, hat sich hier noch nicht mit der Pader vereinigt; seine Wassermenge war auch höchst unbedeutend und betrug kaum 1 Cubikfuss in der Secunde. Die erwähnten 220 Cubikfuss sind sonach die Wassermenge, die auf einem Flächenraume von kaum 16 Morgen hervorbricht.

Noch interessanter, wenn gleich minder reichhaltig, ist die Quelle der Lippe bei Lippspringe. Neben dem Städtchen dieses Namens erhebt sich ein Plateau, etwa 30 Fuss über den Wiesengrund, das sich nach dem westlichen Abhange des Teuto-

rger Waldes hinzieht, und dem Anscheine nach ziemlich hori-
ntal liegt, sogar durch eine merkliche Vertiefung noch von
r Anhöhe getrennt wird. Diese erhöhte Ebene fällt neben
ippspringe steil ab, und an ihrem Rande liegt die Ruine der
ten Tempelburg. Unmittelbar davor befindet sich ein Weiher,
r keinen sichtbaren Zufluss hat. Er ist auf der Seite nach
r Wiese durch einen niedrigen Erddamm begrenzt; seine Länge
eträgt etwa 25 Ruthen und seine Breite in der Mitte kaum
Ruthen. In der Mitte scheint seine Tiefe sehr bedeutend zu
in, und hier treten die unterirdischen Zuflüsse hinein, welche
ich theils durch die Luftblasen und theils auch dadurch zu er-
ennen geben, dass an der südlichen Seite alle Wasserpflanzen
on der starken Strömung niedergelegt werden, während sie auf
er nördlichen Seite aufrecht stehn. Am südlichen Ende, wo
er Weiher in einen Graben mündet, liegt eine Mühle, die
rei unterschlächtige Räder und ein Freigerinne hat. Durch
etzteres und durch das eine Mahlgerinne flossen in der Secunde
27 Cubikfuss ab.

Am Fusse desselben Plateau's, etwa 100 Ruthen davon ent-
fernt in nordöstlicher Richtung, entspringt ein anderer Zufluss
der Lippe, der Jordan, der der Sage nach seinen Namen er-
halten, als Carl der Grosse die Sachsen darin taufen liess. Unter
dem üppig bewachsenen, ziemlich steilen Ufer tritt aus einem
natürlichen Gewölbe von etwa 1½ Fuss Weite der eine Quell
hervor und bildet ein tiefes Bassin im Wiesengrunde. Aus dem
Boden dieses Bassins sprudelt der zweite Quell auf, und zwar
mit solcher Heftigkeit, dass er an der Oberfläche einen Wasser-
berg von 3 bis 6 Zoll Höhe bildet, der abwechselnd mit lautem
Rauschen steigt und niederfällt. Bei der Fussbrücke, die etwa
100 Ruthen unterhalb beider Quellen liegt, maass ich die Was-
sermenge des Jordan und fand sie gleich 19 Cubikfuss in der
Secunde. Der auf den Charten angegebene Bach, der vom Lippe-
schen Dorfe Schlangen herkommt, ist wieder sehr unbedeutend
und vereinigt sich auch erst weiter unterhalb mit der Lippe.

Fragt man, wo diese grossen Wassermengen herkommen,
so giebt die Umgegend von Paderborn hierüber genügenden Auf-
schluss. Die kleinen Bäche, die man sowohl auf der Strasse
nach Gesecke, als nach Lichtenau kreuzt, versiegen im Sommer

vollständig, sie führen selbst nach heftigem Regen auch nicht einen Tropfen der Lippe zu, nur bei anhaltend nasser Witterung sammelt sich in ihnen Wasser an. Der in allen Richtungen mit Spalten und Klüften durchzogene Mergelboden im Süden von Paderborn nimmt alles Regenwasser sogleich in sich auf, und führt es in unterirdischen Gängen der Lippe und Pader zu. Auf dem Wege nach Lichtenau trifft man zunächst im Haxtergrunde ein Bachbette an, welches im Sommer so trocken bleibt, dass auf der westlichen Seite der Chaussee zwischen den Ackerflächen gar kein Raum für den Abfluss des Wassers frei gelassen und das Thal in seiner ganzen Breite als Acker bestellt wird. Der zweite Bach, den man hier findet, ist die Sauer, die auf der Egge bei Kleinenberg in der Entfernung von 2 Meilen ihre Quellen hat; auch ihr Bette ist neben der Chaussee in den Sommermonaten ganz trocken. Verfolgt man dasselbe aber aufwärts, so findet man etwa 300 Ruthen weiter, am untern Ende des Dorfes Grundsteinheim, schon Wasser in dem Bache. Hier ergoss sich etwa ein halber Cubikfuss in der Secunde in eine flache Grube in den Kalkboden und verschwand daselbst. Die Wassermenge, die am obern Ende des Dorfes zufliesst, war aber schon viel bedeutender, und noch weiter aufwärts bei Lichtenau trieb zu derselben Zeit eben dieser Bach einen Mahlgang der dortigen Mühle.

Das Verschwinden dieses sehr bedeutenden Baches wird offenbar noch durch die auffallende Verlängerung seines Laufes befördert. Er entspringt, wie erwähnt, auf der Egge bei Kleinenberg und fliesst etwa zwei Meilen bis Iggenhausen vor Grundsteinheim in nördlicher Richtung; hier ist jedoch das Thal auf der Nordseite geschlossen, und das Bachbette zieht sich ganz dem früheren Laufe entgegen 1½ Meile weit südwestlich fort, bis es bei Atteln in die Altenau fällt, die sich später in die Alme ergiesst. Der unterirdische Lauf ist also etwa um drei Meilen kürzer, als das Bachbette. Die Alme verliert gleichfalls einen grossen Theil ihres Wasserreichthums und speist damit die sehr reichen Quellen, die bei Gesecke den Brakenbaumer Bach bilden.

Von dem Vorhandensein der unterirdischen Wasserläufe in den Umgebungen von Paderborn geben auch die Erdfälle einen

sichern Beweis, und namentlich ereignen sich solche nicht selten westlich von Paderborn. Man sieht neben der Strasse nach Driburg mehrere derselben, die zum Theil eingefriedigt werden mussten, um zu verhindern, dass nicht Vieh herabstürzen möchte. Auch in den nahen Steinbrüchen findet man häufig röhrenförmige Canäle, die ohne Zweifel in früherer Zeit vom unterirdischen Wasser durchströmt und dabei nach und nach ziemlich regelmässig erweitert wurden.

Aehnliche Verhältnisse kommen selbst bei grösseren Flüssen vor. Die Drome in der Normandie verschwindet bald nach ihrem Entstehn in einer weiten Wiese und kommt später als starker Bach wieder hervor. Dasselbe geschieht mit der Maass bei Bazailles ohnfern Beaumont. Die Guadiana verliert sich in der Provinz La Mancha, nachdem sie schon 8 Meilen weit geflossen ist, und kommt erst 4 Meilen unterhalb wieder zum Vorschein. Sehr auffallend sind auch die unterirdischen Stromstrecken des Santa Fé und anderer kleinerer Flüsse im nördlichen Florida, wo wieder ein Kalkgebirge die Wassermassen verschluckt und meilenweit unterirdisch abführt.

Dass manche von diesen Wasserläufen an der Oberfläche der Erde gar nicht wieder erscheinen, sondern unmittelbar dem Meere zugeführt werden, darf nicht befremden, und es erklärt sich daraus die auffallende Erscheinung, dass hin und wieder im Ocean süsses Wasser angetroffen wird, ohne dass ein sichtbarer Strom in der Nähe mündet. So brechen im Meeresbusen von Xagua, auf der Südseite von Cuba, in der Entfernung von 2 bis 3 Seemeilen von der Küste, Quellen süssen Wassers hervor, und Buchanan fand im Indischen Meere sogar in einer Entfernung von 100 Seemeilen von der Küste von Chittagong süsses Wasser, welches vermöge des geringeren specifischen Gewichts auf die Oberfläche des Meeres trat. Ebenso bricht bei Astros in dem Meerbusen von Nauplia in der Entfernung von 300 bis 400 Meter ein starker Strom hervor, woselbst das Aufwirbeln und Auftreiben des Sandes bei ruhigem Wetter sehr auffallend bemerkt wird. Dasselbe geschieht im Meerbusen von Spezzia, wo sich durch die Gewalt des aufsteigenden Strahles sogar eine merkliche Erhöhung zu erkennen giebt.

Die Wassermassen, welche durch die Spalten und Fugen

eines festen Gesteins abgeführt werden, treffen zuweilen an den Stellen, wo sie an die Oberfläche treten, einen so engen Ausweg, dass sie als springende Strahlen oder natürliche Springbrunnen hervorbrechen. Die Fälle dieser Art sind indessen nur selten. So spritzt das Wasser am Fusse des Chatagna-Berges im Jura 13 Fuss hoch hervor, und dasselbe thut der Quell von Royat im Fontanat-Thale. Man darf sich über das seltene Vorkommen dieser Erscheinung nicht wundern, indem durch den mechanischen Angriff, oder durch die auflösende Kraft des Wassers oder andere Einwirkungen diese Verengung nach und nach verschwindet und sonach der Quell mit der Zeit sanfter ausfliesst. Die neuesten Veränderungen, die wir auf der Erdoberfläche wahrnehmen, sind durch vulkanische Wirkungen veranlasst, und gerade da, wo die Spuren von solchen sich zu erkennen geben, finden sich auch vorzugsweise die wenigen Beispiele von springenden Quellen. Es mag bei dieser Gelegenheit auch noch des Geisers auf Island Erwähnung geschehn, der, wenn man ihn einen Quell nennen darf, der interessanteste von allen bekannten Quellen der Erde ist. Er ist intermittirend, gewöhnlich fliesst er nicht, aber alle zwei Stunden bricht während einer kurzen Zeit ein Strahl heraus, der die Höhe von 20 Fuss erreicht. Die Haupteruptionen erfolgen dagegen in Zwischenzeiten von 30 Stunden. Unter furchtbarem Getöse und mit heftigen Erschütterungen begleitet steigt ein Wasserstrahl von 10 Fuss Durchmesser aus dem Boden, der bald die Höhe von 80—90 Fuss erreicht, und indem er hierauf langsam abnimmt, nach 10 Minuten verschwindet. Die oben entwickelte Quellentheorie kann diese Erscheinung nicht erklären. Die hohe Temperatur des Wassers, die während der Eruption sich bis 72 und sogar bis 80 Grad steigert, zeigt auch deutlich, dass hier vorzugsweise die Spannung der Wasserdämpfe wirksam ist. Der Hecla befindet sich in der Nähe und erhitzt den Boden so stark, dass ringsumher Dämpfe hervorbrechen. Auf diese Art wird auch der mächtige Quell, der den Geiser speist, bis zum Sieden erhitzt, und das Wasser desselben tritt vielleicht in ein weites Bassin, das am untern Ende eine Oeffnung hat, durch welche bei niedrigem Wasserstande der Dampf entweichen kann. Sobald aber diese Oeffnung vom zuströmenden Wasser gesperrt wird, so sammeln sich die Dämpfe

er Höhle und werden comprimirt, dabei nimmt die Erwär-
g und zugleich die Dampfentwicklung noch zu, und so stei-
sich die Spannung, bis endlich das Wasser genau in der-
n Art herausgedrängt wird, wie der Kessel einer Dampf-
hine von niederm Drucke sich bei zu starker Spannung
h das Speiserohr entleert. Dabei tritt keine allmälige Aus-
hung ein, sondern in dem Maasse, wie bei der Entleerung
Kessels die Dampfbildung sich steigert, so erfolgt auch der
uss des Wassers mit zunehmender Heftigkeit. *)

Intermittirende Quellen, oder solche, die in gewissen kurzen
den abwechselnd fliessen und versiegen, kommen in ver-
edenen Gebirgs-Formationen vor, doch sind sie sehr selten.
Como, sowie auch neben der Abtei Haute Combe in Savoyen
bei Puis Gros in der Nähe von Chambery giebt es dergleichen.
Periode, welche bei den einzelnen Quellen ziemlich constant
beträgt 30 Minuten bis mehrere Stunden. Auch bei Alten-
ken ohnfern Paderborn soll vor einem halben Jahrhunderte
Quell intermittirend geflossen sein. Diese Erscheinung pflegt
durch Voraussetzung unterirdischer Bassins zu erklären,
bei gleichförmigem Zuflusse sich durch heberförmige Abzugs-
äle entleeren.

§. 8.
Brunnen mit weiten Kesseln.

Es ergiebt sich aus dem Vorhergehenden, dass das Hervor-
en der Quellen an der Erdoberfläche theils von der relativen
henlage und theils von der Formation des Bodens abhängt.
vielen Stellen ist die Oberfläche wasserarm, obgleich grosse
ssermassen ebendaselbst unterirdisch sich bewegen. Um diese
einem beliebigen Punkte nutzbar zu machen und in einem
gänglichen Reservoir anzusammeln, werden Brunnen ausge-
rt. Aber auch selbst da, wo natürliche Quellen hervorbrechen,
ein Auffangen derselben und eine Abschliessung des unreinen
gewassers gemeinhin nothwendig. Daher kommen auch in
letzten Falle Anlagen vor, welche den Brunnen sehr ähnlich
d und sich nur durch die geringere Tiefe davon unterscheiden.

*) Karsten's Archiv für Mineralogie etc. Band IX.

Von beiden soll hier die Rede sein, doch müssen die Artesischen Brunnen besonders behandelt werden, indem wegen der geringen Weite und grossen Tiefe derselben ihre Ausführung wesentlich verschieden ist.

Es ereignet sich häufig, und dieses ist in sandigen Gegenden sogar der gewöhnliche Fall, dass die wasserhaltende Schicht durch keine undurchdringliche überdeckt ist, sondern sich bis zur Erdoberfläche fortsetzt. Indem sie aber nicht vollständig gesättigt ist, so dringt kein Wasser von selbst hervor, und man muss bis zu einer gewissen Tiefe herabgehn, bevor man das sogenannte Grundwasser erreicht, oder bevor im Brunnenkessel sich Wasser ansammelt. Das Grundwasser steht in der Regel nicht viel höher, als das Niveau der Flüsse und Seen in der Umgebung, und es findet sonach in den wasserhaltenden Schichten nicht sowohl ein merkliches Strömen, als vielmehr nur eine Ansammlung von stehendem Wasser statt. Daraus erklären sich manche Erscheinungen, die bei Brunnenanlagen unter diesen Verhältnissen sich zu zeigen pflegen: so das Anwachsen des Grundwassers beim Anschwellen der Ströme, doch nicht sowohl gleichzeitig, als vielmehr, nach Maassgabe der Entfernung, mehrere Tage später. In Berlin pflegt das Wasser in die Keller zu treten, wenn die Spree schon merklich fällt.

Bei einem minder durchdringlichen Boden und auf einem festen Untergrunde erreicht das Grundwasser häufig eine bedeutende Höhe im Vergleiche zum Niveau der daneben befindlichen Flüsse. So giebt es in den Vorstädten von Paris, die grossentheils weit über dem Spiegel der Seine liegen, sehr viele Brunnen, die nur das Tagewasser sammeln, welches eben wegen des undurchdringlichen Untergrundes sich nicht tiefer einziehen kann. Auch die eigentliche Stadt hatte noch zur Zeit Franz I. eine Menge gewöhnlicher Brunnen, die reichliches und gutes Wasser gaben. Seitdem aber die freien Plätze und Höfe und Gärten verschwunden und die Strassen viel dichter an einander gelegt, auch alle Räume, die noch unbebaut blieben, gepflastert und mit Abzugsrinnen versehn sind, so kann der Regen sich nicht mehr in den Boden ziehn, und die Brunnen sind versiegt. Dasselbe ist auch in London seit dem Anfange des vorigen Jahrhunderts geschehn.

In Paris tritt zuweilen eine andere sehr auffallende Erschei-
ing ein. Ganz unabhängig von dem Stande der Seine und
eit über dem Spiegel derselben wächst nämlich zuweilen, und
ar durchschnittlich alle 30 Jahre einmal das Grundwasser so
, dass die Keller in einzelnen Stadttheilen sich mit Wasser
llen. Die Erfahrung, dass wenigstens zwei sehr nasse Jahre
ner solchen unterirdischen Inundation vorangehn müssen, er-
lärt ihren Ursprung. Die obere Erdschicht, welche nämlich in
üherer Zeit die Brunnen speiste, erhält jetzt zwar durch das
mittelbar darauffallende Wasser keine starken Zuflüsse mehr,
er sie steht mit andern höher liegenden Gegenden in Verbin-
ng, und wenn diese sehr durchnässt sind, was selten geschieht,
fliessen sie in jene über.*)

Wie langsam sich das Wasser im Sande bewegt, giebt
ch nicht nur dadurch zu erkennen, dass manche Quellen erst
raume Zeit nach einem Regen sich verstärken, indem wegen
es langen und beschränkten unterirdischen Laufes ihre Zuflüsse
icht früher sie erreichen; es zeigt sich auch an vielen Erschei-
ungen, die man bei Brunnen im sandigen Boden wahrnimmt.
o wird bei neu angelegten Brunnen erst nach Monaten und
elbst nach Jahren der Sand in ihren Umgebungen rein ausge-
aschen, worauf sie brauchbares Wasser geben. Wie langsam
as Wasser sich bewegt, zeigte besonders die folgende That-
che. Ein Fabrikant in der Vorstadt St. Marceau bei Paris
ollte das heisse Wasser, welches der Condensator der Dampf-
aschine lieferte, ohne Kosten entfernen, und leitete es daher
einen Brunnen seines Hofes, worin der Wasserstand tief
enug war, um kein Ueberströmen befürchten zu lassen. Einige
onate hindurch schien diese Einrichtung auch keinen Nachtheil
r Folge zu haben, doch später bemerkten die Nachbarn, dass
e Temperatur ihrer Brunnen allmälig zunahm und das Wasser
durch zu vielen Zwecken unbrauchbar wurde. Auf die des-
lb erhobene Beschwerde wurde dem Fabrikanten die fernere
bleitung des warmen Wassers in den Brunnen untersagt, es
uerte jedoch achtzehn Monate, bis die Brunnen in der Nach-
rschaft ihre frühere Temperatur wieder annahmen.**)

*) *Girard, sur les Inondations souterrains de Paris.* Paris 1818.
**) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. p. 333.

Die meisten Quellen, welche unsere Brunnen speisen, werden im Sand- oder Kiesboden gefunden, und selbst diejenigen, welche aus festem Gesteine kommen, treten gewöhnlich in Sand- oder Kiesschichten aus, weil das Tagewasser leicht feine Erdtheilchen und Sand hinzuführt, von denen die erstern durch das durchströmende Quellwasser entfernt werden, letzterer aber liegen bleibt und sich mit weiten Zwischenräumen, oder in Form von Triebsand ablagert. Dieser Umstand ist für das Austreten von Quellwasser sehr günstig, aber er bedingt eine sichere Umschliessung der Seitenwände, damit nicht immer neue Sand- und Erdmassen hineinstürzen, was bei dem aufgelockerten Boden leicht geschieht. Es kommt daher bei einer Brunnenanlage nur darauf an, die Oeffnung bis zur wasserführenden Schicht darzustellen und die Seitenwände gegen das Einstürzen zu sichern. Das Erste geschieht gemeinhin durch einfaches Aufgraben; ein Aufbohren des Grundes findet bei gewöhnlichen Brunnen nur statt, wenn der Brunnenkessel versenkt wird.

Um zu erfahren, wo die wasserhaltenden Schichten in der geringsten Tiefe vorkommen und wo man sonach mit den wenigsten Kosten den Brunnen ausführen kann, sind manche Regeln aufgestellt, welche sich ausser einer gewiss sehr zweckmässigen Untersuchung der geognostischen Verhältnisse des Bodens besonders auf die Ermittelung der Feuchtigkeit beziehn. Zu dem letzten Zwecke kann theils die unmittelbare Prüfung des Grundes, theils die Beobachtung der Vegetation dienen. Auf den letzten Umstand legte Elckingston ein besonderes Gewicht, und das Vorkommen von Binsen und andern Sumpfpflanzen liess ihn oft sehr richtig die Stelle erkennen, wo die wasserhaltende Schicht am nächsten der Erdoberfläche war. Eine Untersuchung dieser Art ist indessen nur nöthig, wenn man merkliche Aenderungen in der Tiefe der Quelle erwarten darf; bei den fast horizontalen Schichten, wie sie im aufgeschwemmten Boden vorzukommen pflegen, wird man nur vermeiden müssen, die Brunnen auf besonders hochliegenden Stellen auszuführen, im Uebrigen aber darf man voraussetzen, dass ein Punkt vor einem andern in der Nähe liegenden keine Vorzüge haben wird, und sonach sind es hauptsächlich wirthschaftliche Rücksichten, welche innerhalb solcher Grenzen die Stellung des Brunnens bedingen.

Die einfachsten Brunnenanlagen pflegen diejenigen zu sein, wodurch Quellen, die von selbst hervorbrechen, eingefasst werden. Die Sand- oder Kiesschicht bildet in diesem Falle schon die Ausfluss-Oeffnung und ein tiefes Aufgraben ist daher überflüssig; es kommt nur darauf an, so weit herabzugehn und den Grund auszuheben, dass das Wasser sich hinreichend tief ansammelt, um es bequem ausschöpfen zu können. Die Umschliessung zur Seite braucht nicht viel tiefer herabzureichen, während sie sich etwas über den Boden erheben muss. Auch darf ein gehörig befestigter Seitenabfluss nicht fehlen, damit das Erdreich umher nicht zu stark erweicht wird. Wenn Quellen dieser Art Röhrenleitungen speisen, so muss einer Verunreinigung mit grösserer Vorsicht vorgebeugt werden, und man pflegt in diesem Falle die Brunnen zu überwölben. Gewöhnlich erhalten sie alsdann einen grösseren Querschnitt, damit ein bedeutender Wasservorrath sich darin ansammeln kann; das Gewölbe hat aber noch den Zweck, die Kälte abzuhalten und ein mögliches Einfrieren zu verhindern, weshalb man häufig sogar eine starke Erdschüttung darüber anbringt. Auch Vorrichtungen zum Filtriren und Klären des Wassers werden nicht selten schon in dem Brunnenhäuschen angebracht, von beiden wird später bei Gelegenheit der Wasserleitungen die Rede sein. Hier wäre nur zu erwähnen, dass eine Klärung zum Theil schon dadurch erreicht wird, dass man das Wasser in einiger Höhe über der Sohle ableitet.

Endlich ist in Bezug auf das Auffangen natürlicher Quellen noch zu bemerken, dass dieselben häufig stark vertheilt sind, indem die wasserhaltende Schicht in grosser Ausdehnung und in gleicher Höhe die Erdoberfläche trifft. Um in diesem Falle die ganze Wassermenge abzufangen, wären sehr viele neben einander liegende Brunnen nothwendig, wofür man gewöhnlich einen unterirdischen Kanal zu wählen pflegt; ein solcher schneidet die sämmtlichen Wasserläufe, und damit er dieselben mit Leichtigkeit aufnehmen kann, wird die ganze Seitenmauer, die ihn auf der Bergseite begränzt, von wo das Wasser herkommt, aus trocknem Mauerwerk mit offenen Fugen ausgeführt. Hierbei kann es jedoch nicht fehlen, dass Erd- und Sandtheilchen mit hineindringen, und man muss, um diese wieder auszuscheiden, Schlammfänge anlegen, was bei den von unten hervorsprudelnden Quellen gemeinhin nicht

erforderlich ist. Besorgt man aber, dass das Wasser sich
in den Boden einziehn und nach der Thalseite abfliessen
so muss durch einen festen Lehmschlag der Boden un
Wände des Grabens gedichtet werden.

Als Beispiel solcher weit ausgedehnten Leitungen, w
man einzelne sehr vertheilte Wasseradern aufgefangen hat, k
die Tunnels angeführt werden, die sich unter Liverpool hin
um daselbst die Quellen zu sammeln, welche die Wasserleit
von Liverpool speisen. Die Stadt liegt am hohen Ufer des M
welches aus buntem Sandsteine besteht; es entspringen darin
reichaltige Quellen, sondern nur in sehr kleinen Massen s
das Wasser aus dem Gestein hervor. Um diese möglichst
aufzufangen und ihr Eintreten in den Mersey zu verhindern,
Stollen oder Tunnels in der Länge von 100 bis 250 Fu
den Berg gebrieben, die das aufgefangene Wasser den Ba
zuführen, wo Dampfmaschinen es schöpfen und in die Sp
bassins der Röhrenleitung heben.

Je tiefer die wasserhaltenden Schichten liegen, um so sc
riger wird die Ausführung der Brunnen. Ist der Sand und
mit Thon- oder Lehmboden bedeckt, so wird der Quell
unmittelbares Aufgraben eröffnet. Nach Maassgabe der Tief
Grube muss man dieselbe oben erweitern, auch wohl Absteif
vornehmen, um das Einstürzen der Wände während des Bau
verhindern. Das Ausgraben selbst wird bei einem Boden
erwähnten Art gewöhnlich durch keinen starken Wasserzu
erschwert, indem man nur so tief zu graben braucht, bis
das Wasser zeigt; sobald man aber die Kiesschicht erreicht,
sich die Grube zuweilen mit grosser Heftigkeit an. Aus
Geschwindigkeit, womit das Wasser aufsteigt, und zum Theil
aus der Höhe, die es erreicht, kann man auf die Reichhalti
des eröffneten Quells schliessen und darnach beurtheilen, ob
mit demselben sich begnügen darf, oder ob man noch tiefer h
gehn muss. Das Letzte ist nothwendig, wenn das Wasser
fallend unrein ist, und in diesem Falle tritt die Schwieri
hinzu, die weitere Ausgrabung unter einem starken Zudrange
Wassnr vornehmen zu müssen, auch ist alsdann bei Aufführ
des Brunnenkessels darauf Rücksicht zu nehmen, dass der
wasserdicht wird, um das Eintreten dieses obern Quells zu

dern. Dieser Umstand kommt jedoch bei gewöhnlichen Brunnen aufgeschwemmtem Boden nicht leicht vor, indem das in grösserer fe durch den Sand filtrirende Wasser ziemlich rein ist, oder n wenigstens erwarten kann, dass es mit der Zeit an Reinheit vinnt.

Hat man die Grube so tief herabgeführt, dass eine weitere tiefung überflüssig erscheint, so muss die Einfassung derselben gestellt werden, und diese Arbeit wird namentlich anfangs ch den starken Wasserzudrang sehr erschwert. Durch Schöpfschinen und gewöhnlich durch blosses Ausschöpfen mit Eimern l Aufwinden derselben senkt man den Wasserspiegel so weit, s die Sohle der Grube wenigstens nicht tief unter demselben gt; dieses Verfahren pflegt schon zum Ziele zu führen, namentl da der starke Zudrang des Wassers sich bald etwas mässigt. ist nämlich die aufgeschlossene Schicht ganz mit Wasser gefigt, sobald sie aber den Wasserreichthum, den sie ursprünglich hielt, zur ersten Füllung des Brunnens abgegeben hat, so fliesst s Wasser aus den entfernten Theilen der Schicht minder schnell , und sonach pflegt die Reichhaltigkeit der Quellen bei ihrer ten Eröffnung am stärksten zu sein.

Wenn die Brunnen nur mit Holz eingefasst werden, was gen der geringen Dauer nicht zu empfehlen ist, so pflegt man neinhin aus Halbholz viereckige Brunnenkränze übereinander legen und dieselben durch Anstampfen der Hinterfüllungserde ihrer Lage zu sichern. In manchen Gegenden stellt man auch kständer in die Brunnengrube, spreizt dieselben durch zwischenchobene und leicht befestigte Riegel auseinander und verzapft oben in Rahmstücke, welche den obern Theil der Brunnenfassung bilden. Gegen die Ständer werden alsdann von aussen hlenstücke gelehnt, die wenigstens unten keine andere Befesting als die Hinterfüllungserde erhalten. Diese Constructionsart, freilich bei der Ausführung manche Bequemlichkeit bietet, hat r grossen Nachtheil, dass vorkommende Reparaturen viel schwieer, als bei Anwendung der Brunnenkränze auszuführen sind; em nämlich das Holz einige Fuss über dem Wasserspiegel am ten schadhaft zu werden pflegt, so ist eine Erneuung der unten Brunnenkränze nicht leicht erforderlich und man braucht die über Wasser liegenden von Zeit zu Zeit durch neue zu

ersetzen. Bei der letzten Construction wird es dagegen nöthig, sobald die Ständer schadhaft geworden sind, alles Holzwerk bis zur Sohle des Brunnens herauszunehmen.

Viel dauerhafter sind die massiven Brunnenkessel, die man in cylindrischer Form auszuführen pflegt. Man fundirt sie gemeinhin auf starke hölzerne Brunnenkränze, die mit eingezapften Eckstücken versehen sind, damit das cylindrische Mauerwerk überall aufliegt. Dauerhafte und hart gebrannte Steine sind hierbei vorzugsweise nöthig; sie müssen aber eine der Weite des Brunnens entsprechende Form haben, damit die Fugen nach aussen nicht klaffen, wodurch augenscheinlich die Solidität leiden würde. Eine solche Gestalt lässt sich indessen durch blosses Zuhauen nicht leicht geben, da jeder einzelne Stein in dieser Art behauen werden müsste. Man streicht sie daher schon in besonderen Formen; sie sind unter dem Namen Brunnensteine bekannt. Dergleichen Brunnenkessel werden zuweilen in Mörtel, gewöhnlich aber nur in Lehm einen Stein stark aufgeführt. Dass Brunnen aus festen Werksteinen gleichfalls sehr solide und dauerhaft sind, bedarf kaum der Erwähnung, doch beschränkt die grosse Kostbarkeit dieses Materials die Anwendung desselben gemeinhin nur auf die obere Einfassung. Es giebt endlich auch eine grosse Menge und zum Theil sehr tiefer Brunnen, die aus Bruchsteinen ausgeführt sind. Namentlich existiren viele dergleichen aus früherer Zeit, und sie sind oft aus Granit, also aus einer Felsart erbaut, die wenig lagerhaft bricht, dagegen verdanken sie ihre lange Erhaltung zum Theil der sehr bedeutenden Mauerstärke.

Bei einem Boden, der in geringer Tiefe schon von Wasser durchzogen ist, wird die Ausführung tiefer Brunnen in der erwähnten Art unmöglich, indem der Wasserzudrang zu stark ist, als dass er selbst durch kräftige Schöpfmaschinen beseitigt werden könnte, und es tritt alsdann noch die neue Schwierigkeit hinzu, dass die Zuflüsse von der Seite den Einsturz der Wände zur Folge haben. Silberschlag erzählt in seiner Hydrotechnik, wie bei einem Brunnen, den er in feinem Sande unter das Niveau eines in der Nähe befindlichen Flusses herabführen wollte, das Ausheben des Sandes beinahe gar keine Vertiefung des Brunnens zur Folge hatte, indem die einbrechenden Quellen theils durch Auflockern des Grundes und theils durch Einstürzen der Seiten-

wände die Grube immer aufs Neue füllten; diese Uebelstände wurden jedoch beseitigt, und eine Vertiefung nach Maassgabe der ausgebrachten Erdmassen erfolgte wirklich, als Silberschlag dem Hervordringen der Quellen dadurch vorbeugte, dass er in die Grube reichlich Wasser hineingiessen liess. Dieses Mittel setzt aber immer noch ein Arbeiten unter Wasser voraus, und man wird daher bei Anwendung desselben nicht leicht tiefer, als einige Fuss unter das Grundwasser herabkommen können, indem weiterhin das Verlegen der Brunnenkränze nicht mehr mit der nöthigen Sorgfalt erfolgen kann.

In Fällen dieser Art finden die Senkbrunnen ihre eigentliche Anwendung. Man gräbt bis zum Grundwasser, verlegt alsdann einen wohlverbundenen hölzernen Brunnenkranz und führt über demselben den massiven Brunnenkessel bis zu einer solchen Höhe auf, dass derselbe hinreichend schwer wird, um ein leichtes Einsinken zuzulassen, ohne jedoch das Herausschaffen des ausgehobenen Sandes zu sehr zu erschweren. Sodann wird mittels des Sackbohrers der Brunnen vertieft, und da das zudringende Wasser auch hier den Grund auflockert, so fängt der Brunnenkessel an, sich langsam zu senken und man kann durch wiederholtes Aufmauern desselben ihn bis zu grossen Tiefen herabführen. Der Vortheil dieses Verfahrens besteht darin, dass man weit unter das Grundwasser herabgeht, ohne ein Ausschöpfen vornehmen zu dürfen; dabei muss aber der Boden leichter Sandboden und vom Wasser stark durchzogen sein, denn sobald keine Auflockerung desselben unter dem Brunnenkessel erfolgt, so sinkt letzterer auch nicht herab. Vor mehreren Jahren sah ich das Missglücken eines solchen Brunnens in dem fetten Marschboden an der untern Weser; trotz der grossen und weiten Vertiefung, die man am Boden vornahm, erfolgte dennoch keine Senkung des Brunnenkessels, derselbe blieb vielmehr in der Oberfläche stecken.

Fig. 7 zeigt das Verfahren und die Zusammenstellung der Apparate, deren man sich bei der Ausführung der Senkbrunnen zu bedienen pflegt. Der hölzerne Brunnenkranz *A* besteht aus doppelten übereinander genagelten Bohlenstücken, mit gehöriger Versetzung der Fugen, wie ihn Fig. 8 in perspectivischer Ansicht darstellt. Dieser Kranz muss in seiner Breite mit der Länge der Brunnensteine übereinstimmen, damit er weder von innen, noch

von aussen vor der Mauer vorsteht; seine Stärke und die Anzahl der Felgenstücke, woraus er zusammengesetzt ist, richtet sich nach der lichten Weite, die der Brunnen erhalten soll. Beträgt dieselbe, wie hier angenommen ist, $3\frac{1}{2}$ Fuss, so können die einzelnen Felgen noch ganze Quadranten umfassen und brauchen nur $1\frac{1}{2}$ Zoll stark zu sein. Der Brunnenkessel *B* wird aus den bereits erwähnten keilförmigen Brunnensteinen in gehörigem Verbande ausgeführt. Vortheilhaft ist es, hydraulischen Mörtel dabei anzuwenden, weil sonst die Erhärtung nicht sobald erfolgt und das Mauerwerk während des Versenkens zerbrechen könnte. Auf dem Brunnenkessel muss eine Rüstung angebracht werden, damit die Arbeiter den Bohrer gehörig einstellen und drehen können; man pflegt diese Rüstung auch noch durch Steine zu beschweren, wie dieses die Figur zeigt.

Der Bohrer, der in Fig. 9 in grösserem Maassstabe gezeichnet ist, besteht theils aus einem weit vortretenden starken eisernen Dorne und theils aus einem seitwärts angebrachten Bügel, woran ein leinener Sack befestigt ist; der erstere dringt leicht in den Boden ein und bildet den untern Stützpunkt der Axe, um welche bei eintretender Drehung der Bügel sich bewegen muss. Der Bügel, der häufig nur durch Schraubenbolzen befestigt wird, ist mit einer Schneide versehn, damit er den Sand leicht durchdringt, und zwar befindet sich dieselbe an seinem äussern Rande, damit der nachfolgende Theil, woran der Sack befestigt ist, keinen Widerstand erfährt. Der Sack hat eine solche Grösse, dass er nahe einen Cubikfuss fasst, doch wird er gewöhnlich noch nicht halb gefüllt herausgebracht. Am obern Theile des Bügels befindet sich ein Ring, der mit einem Wirbel versehn ist, und an diesen wird das Tau zum Herausheben des gefüllten Bohrers befestigt. Der Wirbel ist dabei insofern nothwendig, als sonst das Tau beim Bohren immer in derselben Richtung gedreht werden und daher Knoten schlagen würde. Der Hebel, wodurch die Drehung erfolgt, hat wegen der beschränkten Grösse des Gerüstes meist nur eine Länge von etwa 3 Fuss und wird durch ein Tau an den Stiel des Bohrers befestigt. Nachdem der Bohrer herabgelassen und der Hebel in der gehörigen Höhe befestigt ist, fassen zwei Arbeiter an den letztern und drehen den Bohrer langsam in solcher Richtung, dass die Schneide des Bügels wirken kann;

sie gehen dabei auf dem Gerüste im Kreise herum und sind zugleich bemüht, durch Herabdrücken des Hebels ein scharfes Eingreifen des Bohrers zu bewirken. Nach einigen Umdrehungen, deren Anzahl sich nach der Festigkeit des Bodens richtet, wird das Tau, woran der Bohrer befestigt ist, in Ordnung gebracht, so dass es nicht mehr um den Stiel geschlungen ist; alsdann zieht der eine Arbeiter das andere Ende dieses Taues an und hebt dadurch mittels der festen Rolle den Bohrer heraus, während der andere Arbeiter den Stiel hält und den Bohrer führt und umstürzt, worauf das Einstellen von Neuem erfolgt.

Eine grosse Vorsicht ist dabei nothwendig, um ein möglichst lothrechtes Versenken des Brunnens zu bewirken. Durch häufiges Ablothen des freistehenden Theiles muss man sich überzeugen, dass der Brunnen wirklich noch eine senkrechte Stellung hat, und sobald man merkt, dass diese nicht mehr statt findet, so muss man den Bohrer auch nicht mehr in die Mitte des Brunnens stellen, sondern näher an diejenige Seite, wo die Senkung am wenigsten erfolgt ist. Um aber dem obern Theile der Mauer die nöthige Festigkeit zu geben, pflegt man Brettstücke herumzustellen, die durch umgeschlungene und geknebelte Taue und noch besser durch umgelegte Ketten und zwischengeschlagene Holzkeile (wodurch sich eine sehr feste Spannung leicht geben lässt) gehalten werden. Man kann Brunnen dieser Art auch in grösseren Dimensionen, als den beispielsweise gewählten, ausführen, ohne dass in dem Verfahren eine wesentliche Aenderung eintritt. Brunnen von 6 Fuss Weite lassen sich noch mit grosser Sicherheit senken, selbst von 12 Fuss Weite hat man sie mit der Wandstärke von einem Steine ausgeführt, doch ist alsdann schon eine grosse Vorsicht nöthig, um den Sand möglichst gleichmässig auszuheben. Trifft es sich aber, dass der Brunnenkessel bricht und theilweise einstürzt, so muss der ganze Bau nicht nur aufs Neue angefangen werden, sondern es ist auch alles Material, welches bereits unter das Grundwasser gesunken ist, verloren und es muss sogar eine andere Baustelle gewählt werden, weil die erste wegen des darin steckenden Mauerwerks und Materials zu sehr verunreinigt ist.

Dasselbe Verfahren, welches beim Versenken gewöhnlicher Brunnen üblich ist, wurde auch bei Ausführung des überwölbten

Verbindungs-Weges unter der Themse in London oder des Themse-Tunnels zur Darstellung der beiderseitigen Zugänge angewendet. Wenn der Zweck dieses Baues auch mehr mit dem einer Brücke, als eines eigentlichen Wasserbauwerkes übereinstimmt; so sind die dabei gewählten Constructions-Arten doch mit den hier zu beschreibenden so nahe verwandt und zugleich wegen der übermässigen Schwierigkeiten, die dabei eintraten, so wichtig, dass die Mittheilung der Einzelheiten sich ohne Zweifel rechtfertigen wird. Die beiderseitigen Zugänge sollen demnach hier beschrieben werden, während der eigentliche Tunnel, oder der horizontale Weg, der diese verbindet, bei Behandlung der unterirdischen Canalstrecken seine angemessene Stelle finden wird.

Nachdem die Gesellschaft, welche zum Bau des Tunnels sich vereinigt hatte, im Juni 1824 die Concession erhalten hatte, wurde der Bau auf dem südlichen Ufer, oder in Rotherhithe begonnen. Der Grunderwerb und die Beseitigung der daselbst befindlichen Gebäude verursachte einen längern Aufenthalt, so dass erst am 16. Februar 1825 die Ausführung des Schachtes oder des Zuganges zum unterirdischen Wege begonnen werden konnte. Die Sohle des letztern war nach Maassgabe der im Strome angestellten Tiefenmessungen und sonstigen Untersuchungen des Grundes in der Höhe von nahe 61 Fuss Englisch, oder 59 Fuss Rheinländisch unter der Hochwasser-Marke am Trinity-House angenommen. Senkrechte Schachte sollten an beiden Ufern bis zu dieser Tiefe herabführen, und zwar beabsichtigte man ursprünglich auf jedem Ufer deren zwei, nämlich einen kleineren für Fussgänger und einen grösseren für das Fuhrwerk zu erbauen, von denen die ersten mit Wendeltreppen, und die letzten mit schraubenförmig gewundenen Rampen versehn sein sollten. Letztere sind indessen nicht zur Ausführung gekommen, dagegen hat der eine Treppenthurm für Fussgänger während des ganzen Baues als Förder-Schacht gedient. Seine Ausführung bot vielfache Schwierigkeiten, und er wurde, da der Boden bis 40 Fuss Tiefe grossentheils aus Kies bestand, als Senkbrunnen behandelt. Seine lichte Weite misst 42 Fuss 8 Zoll Rheinl. und seine Mauerstärke nahe 3 Fuss.

Der Erbauer des Tunnels, Isambart Brunel, wendete manche

eigenthümliche Vorsichts-Maassregeln an, um den Thurm recht innig zu verbinden, damit er beim Senken nicht breche. In England sind ähnliche Verankerungen in Mauern, namentlich durch eingelegte eiserne Bänder, auch sonst benutzt, bei uns kommen sie gar nicht vor, und es mag dahin gestellt bleiben, ob ein reiner Mauerverband nicht eben so wirksam gewesen wäre, wie diese Verankerung durch hölzerne Stiele und Reifen. Ein gusseiserner Ring bildete den Fuss des Thurmes, doch trug derselbe zunächst einen starken hölzernen Ring, auf dem die Mauer stand.

Bevor die Mauer ausgeführt werden konnte, mussten die erwähnten Ringe zusammengesetzt, und so sicher unterstützt werden, dass sie nicht etwa unter dem Gewichte der Mauer in Folge der ungleichen Festigkeit des Bodens durchbiegen konnten. Zu diesem Zweck wurden, nachdem man einige Fuss tief die Baugrube ausgehoben hatte, vierundzwanzig etwa 7 Fuss lange Pfähle im Abstande von 4 Fuss im Kreise eingerammt, so dass ihre Axen mit der innern Mauerfläche zusammenfielen. An den äussern Seiten schnitt man sie etwa 2 Fuss tief ein, so dass sich hier Ansätze bildeten, worauf der hölzerne Ring ruht, während sie im Innern über diesen hinausreichten, und sonach, so oft es nöthig war, tiefer eingerammt werden konnten. Ringsum die Pfähle wurde der eiserne Ring zusammengesetzt. Derselbe hielt 48 Fuss 6 Zoll im äussern Durchmesser, und bestand aus einem 3 Fuss hohen Cylinder, der an der innern Seite, und zwar 6 Zoll unter seiner Oberfläche mit einer 10 Zoll breiten horizontalen Rippe versehn war. Letztere trug den hölzernen Ring, der sonach vom obern Rande noch umfasst wurde. Der untere Theil des eisernen Ringes bildete die Schneide, welche in den Boden eindrang und denselben zertheilte.

Der eiserne Ring bestand aus achtundvierzig Segmenten, die an den Seiten mit Laschen versehn, durch Schraubenbolzen verbunden wurden. Der hölzerne Ring aus zwei Lagen Halbhölzer zusammengesetzt, die sich in den Fugen überdeckten, war wie die Mauer, 3 Fuss breit und 12 Zoll hoch. Jede Lage bestand aus sechszehn Bogenstücken. Starke Schraubenbolzen verbanden diese unter sich und mit der Rippe des gusseisernen

Ringes. In die Oberfläche des hölzernen Ringes war noch eine 2 Zoll tiefe Rinne eingeschnitten, damit die Mauer darin einbinden und vor einem Verschieben gesichert werden möchte.

Die beiden erwähnten Ringe wurden zunächst ohne weitere Belastung noch etwas gesenkt, indem man sie abwechselnd durch eingetriebene Keile auf die Pfahlköpfe stellte, und alsdann die Erde in den Zwischenräumen ausgrub, demnächst aber in diese Zwischenräume starke Lagerhölzer brachte, über dieselbe Keile eintrieb, und die Pfähle, nachdem sie auf solche Art beinahe entlastet waren, tiefer einrammte. Ein gleiches Verfahren wendete man auch an, nachdem die Ringe behufs einer stärkeren Belastung 7 Fuss hoch trocken, und zwar mit Sandfugen übermauert waren. So wurden die Ringe etwa 10 Fuss tief gesenkt und erreichten, nachdem sie die obere thonige Erdschicht durchdrungen hatten, den festeren Kiesboden. Da jetzt der Untergrund nicht mehr nachgab, so stellte man sie mittelst der vorsichtig eingetriebenen Keile theils auf die Pfähle, und theils auf die Unterlager. Man entfernte darauf die Belastungs-Mauer und am 2. Mai wurde die Ausführung der Brunnenmauer begonnen.

Vierundzwanzig eiserne Bolzen, 1¼ Zoll stark und 41 Fuss lang, wurden in den hölzernen Ring gestellt, und mit Schraubenmuttern an dessen untere Fläche befestigt, während sie oben an Rüstungen gehängt wurden. Sie waren durch vierzöllige hölzerne Latten gezogen, die theils selbst zur Absteifung der Mauern dienen, theils auch den Zutritt des Mörtels verhindern sollten, um die Bolzen später herausziehn zu können. Ausserdem wurden dazwischen noch andre vierundzwanzig eben so starke Latten eingemauert, und endlich legte man noch in jede vierte Steinschicht, also in Abständen von wenig mehr als 1 Fuss hölzerne Reifen von 3 Zoll Breite und Höhe hinter diese achtundvierzig Latten in die Mauer.

Die eigentliche Mauer wurde aus hart gebrannten Steinen in Mörtel vom besten Roman-Cement ausgeführt. Nach Lehren, die sowohl an der innern, als äussern Seite aufgestellt waren, wurden zwei 1 Stein starke Umschliessungs-Mauern je vier Schichten hoch aufgeführt. Zwischen denselben blieb ein 18 Zoll weiter Zwischenraum. Denselben füllte man mit sehr

dünnflüssigem Mörtel an, der halb aus Roman-Cement und halb aus Sand bestand. Dieser umzog dicht schliessend die verticalen Latten. Man versenkte darin den hölzernen Reif, und füllte bis zur Höhe der Umschliessungs-Mauern die Zwischenräume noch mit festen Steinen aus, die in diesem Mörtelbette förmlich schwammen. In solcher Weise wurde die Mauer 38 *Fuss* 10 Zoll hoch aufgeführt. Alsdann legte man darauf wieder einen hölzernen Ring von denselben Dimensionen und derselben Zusammensetzung, wie der untere, und indem die Bolzen auch durch ihn hindurchgezogen, und an den obern Enden mit Schraubenmuttern versehn wurden, so konnte die ganze Mauer zwischen beide Ringe scharf eingespannt werden.

Diese Arbeit war in drei Wochen beendigt, und unter dem Gewichte von 15500 Cub. Fuss Mauerwerk war der untere Ring nur 3 Linien tiefer eingedrungen. Man beseitigte nunmehr die Unterlager, indem man gleichzeitig je zwei einander gegenüberliegende Hölzer herauszog, und die Räume sogleich mit Kies anfüllte, der möglichst fest angetrieben wurde. Diese Arbeit ging ganz regelmässig von statten, und veranlasste keine ungleichmässige Senkung. Indem ferner noch die Pfähle nachgetrieben, und wie es scheint, ganz beseitigt wurden, so ruhte der Bau nunmehr ohne alle künstliche Unterstützung auf dem natürlichen Untergrunde.

Das Verfahren beim Versenken wich in sofern von dem gewöhnlichen ab, als man nicht nur den Sand und Kies, sondern zugleich auch das Wasser aushob, also den ganzen Kessel stets leer erhielt. Zur Erleichterung des Aushebens der Erde hat dieses ohne Zweifel gedient, aber es traten dabei auch vielfache Einstürzungen der Wände und andre Unfälle ein, die gewiss vermieden worden wären, wenn man das Wasser nicht ausgepumpt, dafür aber mit passenden Baggermaschinen unter demselben den Grund gelöst und gehoben hätte. Zum Betriebe der Hebemaschine für das Wasser und die Erde war eine eigenthümliche Dampfmaschine bestimmt, auf welche Brunel ein Patent gelöst hatte. Dieselbe war indessen noch nicht fertig, und man setzte daher Anfangs eine Kastenkunst, oder eine Norie (§. 46) durch Menschenkraft in Bewegung.

In der ersten Zeit erfolgte die Senkung des Brunnens regel-

mässig und ohne Störung, auch war der Wasserzudrang nicht bedeutend. Nachdem man aber etwa 15 Fuss tiefer gekommen war, so sank das Gemäuer nicht weiter. Die Untersuchung ergab, dass eines der Segmente, welche den eisernen Ring bildeten, gebrochen war, und die senkrechte Platte schräg in die Erde einschnitt. Man besserte den Schaden aus, worauf ein ähnlicher Unfall nicht wieder vorkam, und der Brunnen regelmässig sank. Dagegen stürzte am 29. April plötzlich der ganze Bau mehrere Zoll tief herab, und drang dabei an einer Seite um 4 Zoll tiefer ein, als an der gegenüberliegenden, wo er auf sehr grobem Kiese aufstand. Durch Ausgraben des letztern wurde der lothrechte Stand wieder hergestellt.

Anfangs Mai sah man sich gezwungen, eine Dampfmaschine von 20 Pferdekräften zu miethen und aufzustellen, und als man bald darauf eine lose Sandschicht erreichte, musste man sogar noch die frühere, durch Menschenkraft bewegte Kastenkunst zu Hülfe nehmen, um das Wasser zu gewältigen. Auch als man endlich in den Thonboden gekommen war, blieb der Wasserzudrang noch sehr stark. Man konnte aber den Thurm nicht ganz so tief versenken, als man beabsichtigt hatte, indem er sich nicht mehr bewegte. Man grub daher unter starkem Zudrange des Wassers 8 Fuss tief den Boden aus, entfernte alsdann den obern und untern hölzernen Ring nebst den durchgreifenden Bolzen, liess jedoch den eisernen Ring unter der Mauer hängen, und führte eine 4 Fuss starke Mauer darunter auf, die sich an die obere scharf anschloss. Die Quellen waren hierbei sehr störend, und man konnte die Seitenwände nur halten, indem man eine grosse Anzahl kleiner Pfählchen horizontal hineintrieb. Eine zweite Unterfahrung vermehrte die ganze Höhe der Mauer wieder um 8 Fuss, und eine dritte endlich noch um 12 Fuss, wodurch die erforderliche Tiefe erreicht war. Derjenige Theil der cylindrischen Mauer, der den Eingang zum Tunnel bilden sollte, wurde nicht ausgeführt, aber statt desselben setzte man schon den Schild ein, um den Stollenbau damit später beginnen zu können. Endlich wurde unter dem beschriebenen Schachte noch ein Brunnen von 17½ Fuss Weite versenkt, und oben wie unten mit auf- und abwärtsgekehrtem Gewölbe versehn. Derselbe war zur Aufnahme des Sammelwassers

nmt. Seine Sohle liegt 80 Fuss unter der Hochwasser-
e. Dieser Bau war Mitte October 1825 vollendet.

Als man später nach Beendigung des Stollens oder Tun-
auf dem nördlichen Ufer in der Vorstadt Wapping den
en Schacht in gleicher Weite darstellte, geschah dieses
st eines 77½ Fuss hohen Brunnenkessels, der in voller
e, und wie es scheint, ohne Unfall versenkt wurde. *)

Wichtig ist ferner eine Brunnenanlage, deren Héricart de
y erwähnt und die wegen der eigenthümlichen Vorrichtun-
merkwürdig ist, die man zur Beseitigung des starken Zu-
es von Wasser und Sand anwenden musste. Zu Roubaix
epartement du Nord in Frankreich sollte ein Brunnen aus-
rt werden. Aus früheren Erfahrungen wusste man, dass
compacte Thonschicht die Quelle bedeckte, dass aber in
Tiefe von 25 Meter ein feiner Sand sehr reiche Wasser-
führte, die sobald sie eröffnet waren, mit grosser Heftig-
den Brunnen füllten, und zugleich so viel Sand herauf rie-
dass sie denselben sogleich verschlämmten. Um möglichst
zu gehn, wurde ein Brunnen oder Schacht von 1½ Meter
bis auf 23 Meter abgeteuft und mit einer leichten Holz-
halung ausgefüttert. Es kam aber darauf an, zu wissen,
ich wirklich an dieser Stelle mit Leichtigkeit die Wasser-
zu erbohren sei. Zu diesem Zwecke musste ein Arbeiter,
man der Vorsicht wegen eine Leine um den Leib gebunden
ein etwa 2 Zoll weites Loch ausbohren. Als dieses un-
r 2 Meter tief geschehn war, spritzte das Wasser mit
er Heftigkeit hervor, dass der Arbeiter heraufgewunden wer-
musste. Der Brunnen füllte sich mit Wasser an, und als
Zufluss aufhörte und der Sand sich niedergeschlagen hatte,
es sich, dass eine 2 Fuss hohe Verschlämmung von fei-
Sande erfolgt sei. Nachdem man eine lange Zeit Alles
stehn lassen, verfertigte man eine hölzerne Röhre oder
grosses Fass von 1 Meter Durchmesser und 14½ Meter Höhe

*) Vorstehende Beschreibung ist aus der Mittheilung von Henry
in Weale's *quaterly papers on Engineering. Part VI.* ent-
nen.

aus starken Bohlen, die mit eisernen Zugbändern zusammengetrieben waren. Dieses stellte man in die Mitte des Brunnens lothrecht auf; es reichte bis über das Wasser, und liess rings umher vor der Holzausfütterung noch einen weiten Zwischenraum. In den letztern wurde Béton geschüttet, der durch besondere Vorrichtungen angedrückt wurde, und nachdem derselbe erhärtet war, versuchte man endlich das Wasser auszupumpen. Dieses gelang vollständig, denn das Bohrloch war verschlämmt und gesperrt. Darauf mauerte man über dem Béton den Raum zwischen dem Rohre und der Schalung aus, so dass ein massiver Kessel gebildet wurde, und um endlich das Wasser hier einzulassen, wandte der Bohrmeister, Namens Hallette, noch eine besondere Vorrichtung an, nämlich das Klärungsrohr, dessen er sich schon sonst in ähnlichen Fällen bedient hatte. Dasselbe bestand in einer dünnen Röhre aus Eisenblech, die mit vielen Abtheilungen versehn und mit Steinen gefüllt war, um ein zu schnelles Aufsteigen des Wassers und sonach das Eindringen des Sandes zu verhindern. Diese Röhre wurde durch kein Bohrloch geschoben, sondern mittels einer Art Ramme in den Boden getrieben, indem man sie nur lose auf einen eisernen Kegel, ähnlich einem Pfahlschuhe, stellte; letzterer löste sich von selbst, sobald er in den losen Sand kam, und hinderte alsdann nicht mehr das Eintreten des Wassers. Auf diese Art wurde der Zweck vollständig erreicht. Es strömte ein kleiner Quell mit mässiger Geschwindigkeit ein, der nach und nach den Brunnen füllte und dauernd speiste, ohne Sand hineinzuführen.

Ferner mag hier eines Brunnenbaues Erwähnung geschehn, der theils wegen der Wahl des Materials zur Einfassung und theils auch in anderer Beziehung merkwürdig ist. Es ist dieses der in den Jahren 1835 bis 1838 in der Hampstead-Strasse in London für die New-River Company *) ausgeführte Brunnen. Der Boden bestand unter einer 25 Fuss mächtigen Kiesablagerung auf 59 Fuss Tiefe aus dem sehr zähen und strengen London-Clay, und in den nächsten 10 Fuss aus einem etwas leich-

*) Eine Gesellschaft, welche einen Theil von London mit Trinkwasser versieht.

ren Boden, der in feinen Sand überging. Darunter kamen ieder abwechselnd Thon- und Sandschichten vor, bis man in er Tiefe von 160 Fuss den festen Kalkfelsen erreichte. Mit ewöhnlichen Brunnen konnte man bisher nicht tiefer, als bis uf den feinen Sand herabkommen, und wenn dieselben auch Vasser gaben, so trat der Uebelstand ein, dass bei starkem 'umpen eine Menge Sand eindrang, und dadurch nicht nur Verchlämmung entstand, sondern auch nachtheilige Aushöhlungen es Bodens in der Nähe sich bildeten, die Erdfälle veranlassten nd die umliegenden Gebäude in Gefahr brachten. Diese Uebeltände mussten verschwinden, wenn es gelang, den Brunnen is in den Kalk herabzuführen und dieses war im vorliegenden 'alle die Absicht. Der Brunnenkessel hat auf die ersten 25 Fuss ine lichte Weite von 12½ Fuss. Dieser Theil wurde zuerst usgeführt, alsdann konnte man im London-Clay ohne Schwieigkeit eine 57 Fuss tiefe Oeffnung darstellen und sie von unten b ausmauern; dieses geschah in einer Weite von 10¾ Fuss. Es war Absicht, von hier ab mittelst 8 Fuss weiter gusseiserer Röhren, die immer aus 6 Segmenten von 9 Fuss Länge usammengesetzt waren, die Sandschicht zu durchdringen, während in ähnlicher Art, wie bei dem Schacht am Themse-Tunnel, ler Boden ausgegraben und vom Wasser frei gehalten werden sollte. Die eingebrachten Röhren bogen sich aber wegen des ngleichförmigen Druckes und man musste eine zweite und eine lritte Röhre anbringen, ohne dass man merklich weiter kam. Das Auftreiben des Sandes, der sich oft bis 6 Fuss hoch im Brunnen ablagerte, wurde aber immer bedenklicher, bis man bemerkte, dass das Auspumpen des Wassers allein die Ursache lavon sei. Es wurde daher aus gewalzten Eisenplatten, von ler Stärke, wie sie zu Dampfkesseln benutzt werden, ein Cyinder von 62 Fuss Höhe und nahe 6 Fuss Weite verfertigt. Man versenkte denselben, indem man den Sand aushob, ohne las Wasser zu schöpfen. Auf diese Art erreichte man die Kalkchicht, und trotz des starken Wasserzudranges legte man alsann den Brunnen trocken und führte unten eine pyramidale Mauer auf, welche mittels eines gusseisernen Ringes die Röhre rug. Endlich vertiefte man noch den Brunnen so weit, dass r im Ganzen die Tiefe von 183 Fuss erhielt. Spätere Ver-

suche zeigten, dass dieser Brunnen bis 30000 Cubikfuss Wasser in 24 Stunden liefern konnte. *)

Um einem starken Wasserzudrange beim Abteufen von Schachten zu begegnen, ist in neuerer Zeit in Frankreich ein Verfahren angewendet worden, welches von den beschriebenen Methoden wesentlich abweicht. Die reichen Kohlenflötze an der Charente zwischen Rochefort und Ingrande konnten bisher nicht benutzt werden, weil man etwa bis 60 Fuss unter dem Wasserspiegel des Flusses eine mit Wasser durchzogene Sandschicht durchfahren musste. Um dieses möglich zu machen, stellte der Ingenieur Triger einen Apparat dar, mittelst dessen er das Zudringen des Wassers durch einen entsprechenden Gegendruck stark comprimirter Luft verhinderte. Die von Las Casas angestellten Beobachtungen hatten ergeben, dass man selbst unter einem Drucke von drei Atmosphären über dem der gewöhnlichen Luft, wenn auch unbequem, so doch ohne Nachtheil sich aufhalten, und arbeiten konnte.

Ein aus Eisenblechen zusammengenietheter Cylinder von 64 Fuss Länge, 3¼ Fuss Weite und 5½ Linien Wandstärke bildete den Haupttheil des Apparates. Derselbe wurde zunächst mittelst einer Kunstramme etwa 10 Fuss tief eingetrieben. Um ihn mit stark verdichteter Luft zu füllen, musste er hermetisch abgeschlossen werden, doch war es auch nothwendig, die Oeffnungen zum Aus- und Eingehn der Arbeiter und zum Herausschaffen des geförderten Sandes frei zu lassen. Dieses wurde erreicht durch einen eingeschobenen Kasten, dessen Zweck und Wirksamkeit schon seine Benennung, nämlich Luft-Schleuse bezeichnet. Er bestand wieder in einem eisernen Cylinder etwas über 5 Fuss hoch, der sich mit hinreichendem Spielraume in den ersten Cylinder einschieben, und durch eine Stopfbüchse luftdicht daran anschliessen liess. Er bildete also den Abschluss der Röhre, und war sowohl oben, als unten mit Oeffnungen versehn, durch welche die Arbeiter hindurchgehn, auch die Eimer gefördert werden konnten. Starke und genau schliessende Klappen, die sich nach unten öffneten, und jedesmal festgeschroben wurden, sperrten diese Oeffnungen. Der Kasten wurde also

*) *The Civil Engineer and architect's Journal.* Juli 1839. S. 245 ff.

selnd mit der äussern und der innern Luft in Verbindung
, und verhinderte sonach, dass im Brunnen die starke
ing aufhören konnte.

on der Compressions-Pumpe, die durch eine Dampf-
ne in Bewegung gesetzt wurde, führte eine Röhre bis
den Boden der Schleuse, und in einer zweiten Röhre stieg
asser in Folge des verstärkten Luftdruckes von der Sohle
hachtes durch die Schleuse bis über den obern Rand des
n Cylinders. Diese Wasserröhre wurde zufälliger Weise
digt, und durch einige kleine Oeffnungen drang über dem
r auch Luft hinein. Ihr Inhalt wurde dadurch specifisch
r, und man bemerkte, dass der Schacht sich schon bei
geringeren Drucke entleerte, als nöthig gewesen wäre,
die Röhre sich ganz mit Wasser gefüllt hätte. Man ver-
deshalb die Anzahl der kleinen Luftöffnungen, und so
es, mit einem Mehrdrucke von einer Atmosphäre das
r aus der Tiefe von 60 Fuss zu heben. Auch an der
mpe führte man die Aenderung ein, dass man die schwe-
upfernen Ventile, die jedesmal hart aufschlagen, durch
scheiben ersetzte, worauf die Pumpe ohne Beschädigung
e Monate hindurch ununterbrochen im Gange blieb.

ie Arbeiter empfanden, so oft sie durch die Schleuse
, bei der Aenderung des Luftdruckes Ohrenschmerzen,
ergingen dieselben sehr schnell, wenn durch wiederholtes
ken die Luft im Körper mit der äussern ins Gleichgewicht
t wurde. Das Sprechen bot selbst unter dem Drucke von
tmosphären keine Schwierigkeit, doch geschah es mehr
die Nase, und auffallend war es, dass das Pfeifen un-
h wurde. Die Kerzen und Lampen leuchteten, wie ge-
ich, doch rauchten sie stärker, und verbrannten schneller,
freier Luft.

ls man auf festes Gestein gekommen war, drang die Luft,
cheinlich durch aufwärts gerichtete Spalten bis in die Cha-
in der man eine Menge Blasen aufsteigen sah. Man
alsdann den Schacht noch etwa 20 Fuss tiefer ab, mauerte
ntern Theil aus, und verband denselben mit dem eisernen
der, wodurch der Zudrang des Wassers ganz unterbrochen

wurde. Die Compression der Luft war dadurch entbehrlich
worden, und die Luftschleuse durfte entfernt werden. *)

§. 9.

Artesische Brunnen im Allgemeinen.

Die Artesischen Brunnen haben ihren Namen von
Französischen Provinz Artois erhalten, wo sie seit gerau
Zeit vorkommen und wo sie besonders diejenigen auffallen
Erscheinungen zeigen, die seit einigen Jahrzehenden ein all
meines Interesse erregen. Der klüftige Kreideboden, wel
sich längs der Küste von der Mündung der Seine bis zu
Cap Blanc-Nez ohnfern Calais hinzieht, erstreckt sich in
deutender Höhe, mehr oder weniger mit aufgeschwemmtem Bo
überdeckt, weit landeinwärts, und bildet selbst die Wassersche
zwischen der Somme und Schelde. Von hier fällt er nordw
ab, und in der Linie, welche die Städte Béthune, Lillers, A
St. Omer und Calais verbindet, ist er schon auf nahe 100 F
mit Sand und Lehm bedeckt. Hier findet auch eine merkli
Abdachung des Bodens statt, welche zwar die Richtung
Flüsschen Yser und Lys und selbst die der Schelde bestim
aber noch nicht ein natürliches Hervortreten derjenigen Wass
massen gestattet, die in den Klüften der Kreide enthalten s
und sich darin nach dem Meere bewegen. Gewöhnliche Bru
nen geben hier in geringer Tiefe, sobald man wasserführen
Sandschichten erreicht, ziemlich befriedigende Resultate, a
wenn man in der grossen Tiefe die Kreideformation eröffn
so ist der Erfolg viel auffallender, indem das Wasser durch
weiten Klüfte derselben ziemlich frei fliesst und bei der D
stellung einer freien Mündung beinahe unter dem ganzen Druc
hervorbricht, den die grössere Höhe des Niveau's in weiter E
fernung ihm mittheilt. Das Wasser sammelt sich also nicht n
in diesen Brunnen an, sondern strömt aus denselben frei

*) *Annales de Chimie et Physique.* 1841. October. S. 234. u
Karsten's Archiv für Mineralogie. Band 16. S. 575. und Band
S. 789.

die Erdoberfläche. Bei Gonnehem, ohnfern Béthune, sind vier Brunnen auf einer Wiese angelegt, in denen man die Röhren 11½ Fuss über den Boden heraufgeführt hat, und welche nicht nur Wasser liefern, sondern dieses auch in solcher Höhe ausfliessen, dass sich ein hinreichendes Gefälle darstellt, um eine Mahlmühle zu treiben.

Bei der grossen Tiefe, zu welcher diese Brunnen herabgeführt werden müssen, sind die gewöhnlichen Methoden des Brunnenbaues nicht mehr anwendbar. Zunächst sucht man die Anlagekosten dadurch zu vermindern, dass man die Weite des Brunnens auf wenige Zolle reducirt. Ferner wird in diesem Falle nicht gegraben, sondern gebohrt, und zur Verhütung des Einstürzens der Wände ersetzt eine engere Röhre die Stelle des weiteren Brunnenkessels.

Es ergiebt sich hieraus, was man im Allgemeinen unter artesischen Brunnen versteht, es bleibt aber zweifelhaft, ob das unterscheidende Kennzeichen derselben das Ueberströmen des Wassers ist, oder ob man mit dieser Benennung jeden engen gebohrten Brunnen bezeichnen will. Es scheint, dass der Sprachgebrauch hierüber bis jetzt noch nicht bestimmt entschieden hat, und sonach lässt sich die oft angeregte Frage, ob man überall artesische Brunnen anlegen könne, auch nicht beantworten. Es ist gewiss, dass man überall ein Bohrloch ausführen, und wenn Mühe und Kosten nicht gescheut werden, man dieses auch auf eine grosse Tiefe herabtreiben kann; dass man aber jedesmal Quellen finden wird, die bis über die Oberfläche steigen, ist nach der gegebenen Erklärung der Quellen nicht anzunehmen, und es wird sich sogar, übereinstimmend mit der vorstehenden Auseinandersetzung, auch zeigen, dass solche Bohrlöcher zuweilen gar kein Wasser enthalten, trotz der grossen Tiefe, bis zu welcher sie herabgetrieben sind.

In Frankreich scheint in neuerer Zeit unter der Benennung Artesische Brunnen nicht sowohl der Begriff des Ueberfliessens, als vielmehr die Art der Ausführung bezeichnet zu werden, wie sich dieses auch daraus ergiebt, dass man von Artesischen Brunnen spricht, die nicht Wasser geben, sondern es verschlucken. Für den vorliegenden Zweck kommt es vorzugsweise auf die Angabe der Methoden des Baues an, ich wähle

daher die letzte Bedeutung dieses Wortes und verstehe unter einem Artesischen Brunnen jeden engen und tiefen gebohrten Brunnen.

Die Brunnen dieser Art sind in manchen Theilen von Deutschland, Frankreich und Italien schon seit Jahrhunderten bekannt, ihre erste Anwendung fällt aber in eine noch viel frühere Zeit, da die alten Egyptier sich ihrer schon zum Bewässern der Oasen bedienten, und ähnliche Brunnen, deren Zweck jedoch etwas verschieden ist, kommen auch in China häufig vor. Von den gebohrten Brunnen in Egypten spricht bereits Olympiodor und sagt, dass sie eine Tiefe von 200 bis 300 und sogar bis 500 Ellen haben und dass sie das Wasser über die Erdoberfläche ausgiessen, welches zur Bewässerung der Aecker benutzt wurde. Durch neuere Untersuchungen hat sich die Richtigkeit dieser Angabe vollkommen bestätigt; der Bergbau-Ingenieur Lefebvre, der im Auftrage des Vicekönigs von Egypten zur Einrichtung des Bergbau- und Hüttenbetriebes nach Sennaar reiste, machte vor seiner Abreise der Pariser Academie der Wissenschaften hierüber folgende sehr wichtige Mittheilung, und zwar nach den Angaben des Militair- und Civil-Gouverneurs der sämmtlichen Oasen, Ayme, der in den Oasen von Theben und Garbe seit eilf Jahren chemische Fabriken eingerichtet hatte.

Die grosse Oase von Theben ist 25 Lieues lang und 2 bis 4 Lieues breit. Die von Garbe hält etwa 20 Lieues, beide sind eiförmig gestaltet und umfassen beinahe 2¼ Quadratmeilen sehr guten Boden, der sich nach den Versuchen von Ayme zur Cultur des Zuckerrohrs, des Indigo, Krapp und der Baumwollenpflanze eignet. Diese beiden Oasen sind wie ein Sieb mit Artesischen Brunnen durchlöchert, die aber grossentheils durch den Einsturz der alten Einfassungen und durch das Abbröckeln der Seitenwände verschüttet sind. Nachdem im Jahre 1836 ein Bohrgestänge von 500 Fuss Länge zugerichtet war, gelang es, mehrere dieser Brunnen aufzuräumen, in welchen das Wasser bis zur Höhe des Erdbodens aufstieg.

Das Verfahren der alten Einwohner dieser Gegenden beim Brunnenbohren war Folgendes: es wurden vierseitige Löcher ausgehoben, die bei einer Weite von 2 bis 3½ Meter sich bis zum Kalk erstreckten, der in der Tiefe von 20 bis 25 Meter vorkommt. Die Erdschichten, welche man dabei durchschneidet,

ind in der Reihenfolge von oben nach unten vegetabilische Erde, Thon, Mergel und thoniger Mergel. Letzterer liegt auf dem Kalke, unter welchem das Wasserbassin sich befindet, das alle Brunnen der Oase speist. Sobald die vierseitigen Brunnen den Kalk erreicht hatten, wurden sie mit einer dreifachen Schalung von Palmenholz eingefasst, um das Einstürzen der Erde zu verhüten. Bis soweit geschah die Arbeit im Trocknen, und nun musste die Kalkschicht, die 100 bis 133 Meter Dicke hat, durchbohrt werden, ehe man das unterirdische Wasser erreichte. Welche Methode des Bohrens in früherer Zeit hier angewendet wurde, ist nicht bekannt, beim Aufräumen der alten Bohrlöcher zeigte es sich aber, dass die Quellen unter dem Kalke sich in oder auf einer Sandschicht bewegen, die nach den Proben zu urtheilen, welche der Bohrer davon heraufbrachte, mit dem Sande des Nils übereinstimmt. Einer dieser Brunnen zeigte nach der Aufräumung und Reinigung eine Erscheinung, die auch bei Elbeuf wahrgenommen ist. Aus der Tiefe von 108⅓ Meter kommen nämlich mit dem Wasser auch Fische herauf, womit seitdem Ayme's Tisch versorgt wird.

Man bemerkt auch, dass die alten Brunnengräber vorsichtig zu Werke gingen. Um nämlich ein zu starkes Ausströmen des Wassers zu verhindern, machten sie aus einem sehr harten Sandsteine einen Pfropfen, der mit einer eisernen Fassung umgeben, ganz oder theilweise geöffnet werden konnte. Bei andern Brunnen sind statt dieser Pfropfen hölzerne Röhren in die Bohrlöcher getrieben. Die Weite der Bohrlöcher beträgt 8 Zoll.

Aus der grossen Anzahl dieser Brunnen und ihrer verschiedenen Lage ergiebt sich, dass man in diesen beiden Oasen überall aufsteigendes Wasser findet, wo man auch das Bohrloch anlegt; es scheint aber, dass die Wassermenge allein durch die Weite der Löcher bedingt wird. Der Grund, weshalb man später von diesen Brunnen keinen weitern Gebrauch gemacht hat, war theils der modrige Geschmack, den das Wasser annahm, indem die Holzeinfassungen verfault sind und die Ausflussmündungen sich verstopft haben: theils aber ist auch mit dem Holze so viel Mergel herabgefallen, dass die Brunnen verschüttet sind. Der Versuch, dieselben wieder aufzuräumen, fiel sehr kostbar aus, denn bei dem starken Wasserzudrange und bei dem Mangel an an-

dern Hülfsmitteln mussten Taucher angewendet werden, die mit den Händen die Aufräumung vornahmen; ein allgemein verbreiteter Aberglaube liess aber nicht leicht Jemanden finden, der sich zu dieser Arbeit entschloss, und wenn dieses auch glückte, so geschah es nur gegen das enorme Tagelohn von fünf Piastern, und die Aufräumung erfolgte dennoch nicht nur sehr langsam, sondern auch nie vollständig. Dazu kommt noch der sehr theure Preis des Holzes in diesen Gegenden. Ayme beabsichtigte, ganz neue Brunnen zu bohren, wobei sich hoffentlich wichtige Aufschlüsse über die Natur des Bodens und den mächtigen unterirdischen Strom ergeben werden, der, wie es scheint, von Darfour herkommt. *)

Die Artesischen Brunnen in China sollen eine ausserordentliche Tiefe haben und auf 1500 bis 1800 Fuss und sogar 3000 Fuss herabgeführt sein, ihre Weite beträgt 5 bis 6 Zoll. Sie kommen mitunter in so grosser Anzahl vor, dass in der Umgegend des Fleckens U-Thung-Khiao (29° 33′ N. Br. und 112° 11′ O. L.) auf einem Raume von 10 Lieues Länge und 4 bis 5 Lieues Breite mehrere Zehntausende derselben existiren **). Sie sind in Felsen gebohrt, und das dabei angewendete Verfahren wird als so zeitraubend bezeichnet, dass mehrere Generationen an einem und demselben Brunnen arbeiten müssen, bevor der gesuchte Quell wirklich erreicht wird. Die nähern Umstände, die hierüber vor einigen Jahren die technischen Journale mittheilten, lassen jedoch diese Nachrichten als sehr zweifelhaft erscheinen. Diese Brunnen enthalten Salzquellen von 20 bis 25 Procent Salzgehalt, und fliessen nicht über, sondern die Soole muss noch aus einer bedeutenden Tiefe mittels einer 24 Fuss langen Bambusröhre, die unten mit einem Ventile versehn ist, ausgeschöpft werden, wozu ein Göpel dient, vor welchen Ochsen gespannt sind. Die Art, wie die Brunnen hier gebohrt werden, gehört zur Methode des Seilbohrens, weshalb man diese auch die Chinesische zu nennen pflegt.

---

*) *Conte rendu des séances de l'Académie des sciences: Séance du Lundi.* 10. *Septembre* 1838.

**) Poggendorff's Annalen. Band XVIII. S. 604.

In Europa waren gebohrte Brunnen bei Modena und Bologna, sowie auch in Nieder-Oestreich, schon lange bekannt, und schon vor 200 Jahren führte Dominicus Cassini im Fort Urbain einen solchen Brunnen aus, der das Wasser 15 Fuss über dem Boden ausgoss und es sogar zu den obersten Geschossen der Häuser führte. *) Im alten Karthäuserkloster zu *Lillers* soll schon im Jahre 1126 ein Brunnen dieser Art ausgeführt sein, und Bélidor **) giebt eine vollständige Beschreibung der gebohrten und überfliessenden Brunnen und fügt derselben eine Erklärung und manche Bemerkungen bei, welche mit den neuesten Erfahrungen genau übereinstimmen. Die allgemeine Aufmerksamkeit auf Anlagen dieser Art wurde jedoch vor wenigen Jahrzehnden durch die Brunnen in Artois angeregt. 1818 setzte die Gesellschaft zur Beförderung der National-Industrie zu Paris einen Preis von 3000 Franks auf die beste Anweisung zur Aufbohrung fliessender Quellen, wie solche in der frühern Provinz Artois üblich sind. Diesen Preis gewann der beim Bergbau in Arras angestellte Ingénieur Garnier, und die betreffende Abhandlung ***) enthält eine ausführliche Beschreibung und Beurtheilung der anzuwendenden Geräthschaften, sowie des ganzen Verfahrens; sie giebt auch eine Uebersicht der geognostischen Verhältnisse, welche die Quellenbildung begünstigen, doch ist dabei vorzugsweise und beinahe ausschliesslich die Localität der Provinz Artois im Auge behalten. Von gleicher Wichtigkeit ist eine Schrift von Héricart de Thury †), worin besonders die geognostischen Verhältnisse auseinandergesetzt werden, welche bei Bohrbrunnen einen günstigen Erfolg herbeigeführt haben oder erwarten lassen. Ausserdem wird in diesem Werke die Ergiebigkeit und der Nutzen dieser Anlagen an vielen Beispielen nachgewiessen, und zugleich sind die eigen-

*) *Arago, Annuaire* 1834. *p.* 185.

**) *Science des Ingénieurs.* 1729. *Cap. IV. Liv. XII.*

***) *de l'art du fontenier sondeur et des puits Artésiens.* Paris 1822.

†) *Considérations géologiques et physiques sur le gisement des eaux souterrains, relativement au jaillissement des fontaines artésiennes.* Paris 1828.

thümlichen Erscheinungen beschrieben, die hin und wieder sich dabei gezeigt haben. Seit dieser Zeit sind Artesische Brunnen in Frankreich, Deutschland, England, Nord-Amerika vielfach ausgeführt, auch in Portugal, Algier und fast in allen übrigen cultivirten Ländern finden sich einzelne Anwendungen vor. Die Methoden haben sich bedeutend geändert, und zum Theil weichen sie jetzt von denen, die Garnier angab, gänzlich ab. Ich will dieselben in ihren wesentlichsten Modificationen beschreiben, doch scheint es nöthig, zuvor noch manche Eigenthümlichkeiten der Artesischen Brunnen näher zu erörtern.

Was früher über den Ursprung der Quellen gesagt ist, bezieht sich auch auf die Artesischen Brunnen. In den meisten Fällen ist man im Stande, mit grosser Sicherheit anzugeben, woher diese Brunnen ihr Wasser beziehn, und nur selten bleibt bei näherer Untersuchung des Terrains hierüber ein Zweifel übrig. Zuweilen trifft es sich auch, dass man eine eigenthümliche und an sich wenig wahrscheinliche Gestaltung der wasserhaltenden und undurchdringlichen Erdschichten annehmen muss, um, übereinstimmend mit der oben entwickelten Quellentheorie, die Erscheinung zu erklären. Indem diese Fälle aber sehr selten sind, so darf auch ihr Vorkommen nicht befremden, und es würde mehr auffallen, wenn unter den so verschiedenen Abwechselungen, welche die Erdschichten bei ihrer Bildung annehmen konnten, sie immer nur in der einfachsten Art sich abgelagert hätten. Jedenfalls bleiben die Lagerungsverhältnisse, die man mitunter voraussetzen muss, noch viel wahrscheinlicher, als die bei Gelegenheit der Quellen bereits erwähnten andern Theorien, und es ist kein Fall bekannt geworden, bei dem die Erklärung des Wasserzuflusses durch den atmosphärischen Niederschlag und nach den allgemeinen hydrodynamischen Gesetzen eine Unmöglichkeit in sich schliesst.

Ueber die Richtung, in welcher sich das Wasser in diesen unterirdischen Strömen bewegt, hat man in einzelnen Fällen entscheidende Versuche angestellt. So erzählt Garnier, dass von zwei Brunnen neben dem Paradeplatze in Béthune der eine Brunnen sogleich trübes Wasser ausgoss, sobald in den andern, der südwestlich vom ersten liegt, ein Kolben eingebracht und schnell auf und ab bewegt wurde; im umgekehrten Falle zeigte sich bei

dem zweiten aber keine Trübung des Wassers. Es folgt daraus, dass das Wasser sich in der bezeichneten Richtung, in welcher das Kalkgebirge fällt, auch wirklich bewegt.

Eine periodische Ab- und Zunahme der Wassermenge nach den verschiedenen Jahreszeiten und nach der Regenmenge hat man bei den gebohrten Brunnen von grosser Tiefe *nicht leicht* wahrgenommen, nur bei dem Brunnen zu Elbeuf bemerkt man nach starkem Gewitterregen eine Trübung des Wassers. Es sind indessen bisher noch keine fortlaufenden und genauen Beobachtungen über die Reichhaltigkeit der Brunnen angestellt worden. Ein auffallender Unterschied kann sich auch kaum noch herausstellen, sobald das Wasser eine geraume Zeit braucht, um den unterirdischen Weg zurückzulegen, und dass dieses wenigstens zuweilen der Fall ist, lässt die Wahrnehmung am Brunnen zu Tours vermuthen, wo im Monat Januar 1831 Saamenkörner erschienen, die also mindestens einige Monate hindurch unterwegs geblieben waren.

Der Zusammenhang, in welchem manche Brunnen unter sich stehn, ist zuweilen sehr auffallend; so hat man nicht selten bemerkt, dass durch Aufbohren eines zweiten Brunnens in der Nähe eines schon bestehenden die Ergiebigkeit dieses merklich geringer wurde, und indem man einen von beiden wieder schloss, strömte der andere sogleich um so kräftiger. In andern Fällen zeigt sich diese Erscheinung nicht, und es ist klar, dass sie nur eintreten kann, wenn dieselbe Wasserader beide Brunnen versorgt, sie kann sich ausserdem auch nur zu erkennen geben, wenn der zweite Brunnen einen namhaften Theil der Wassermasse dieser Ader abzieht und sie merklich schwächt. Artesische Brunnen, die in der Nähe des Meeres angelegt sind, zeigen gewöhnlich einen auffallenden Zusammenhang mit der Fluth und Ebbe. An das Eintreten der Fluth in den unterirdischen Quell darf man dabei nicht denken, aber dieser hat zwei Ausmündungen, die eine ins Meer und die andere durch das Bohrloch auf die Erdoberfläche. Je kräftiger jene wirkt, um so geringer wird bei gleichem Zuflusse diese sein. Bei grösserer Entfernung des Brunnens von der Meeresküste wird dieser Einfluss sich aber auch etwas später einstellen, und da man sich die unterirdischen Wasseradern nicht als eine regelmässige und in sich geschlos-

sene Röhrenleitung denken darf, so erklärt es sich, dass
dem verminderten Abflusse während der Fluth einzelne Bass
sich füllen, oder Kiesmassen mit Wasser getränkt werden müss
bevor der Einfluss der Fluth sich weiter aufwärts bemerk
macht, und hieraus folgt, dass die Zwischenzeit leicht mehr
Stunden betragen kann. Dieses ist der Grund, weshalb man
Artesische Brunnen gerade während der Ebbe viel und währ
der Fluth wenig Wasser geben.

Die Ergiebigkeit eines Artesischen Brunnens und zum T
sogar sein Gelingen hängt nicht nur von der relativen Höhe
Stelle ab, wo er angelegt wird, sondern eben so sehr auch
der Formation des Bodens. Die Wasserader, die einen rei
lichen Zufluss gewährt, kann nur in einem klüftigen Geste
oder in einer förmlichen Höhlung gesucht werden, die sich
Erdboden gebildet hat. Aus diesem Grunde geben dichte
mit keinen oder nur mit engen Spalten durchzogene Gebirg
arten, wie die Urgebirge, auch keine überfliessende Brunn
so wie auch die natürlichen Quellen hier schon ziemlich
zu sein pflegen. Im Granit hat man in England einige Arte
sche Brunnen ausgeführt, die wenigstens zum Theil ihren Zw
erfüllt haben *); von dem Brunnen in Aberdeen in Schottla
der eine ansehnliche Wassermenge frei ausgiesst, hat jed
Robison's spätere Untersuchung gezeigt **), dass er nicht
Granit, sondern in einer tiefen mit Sand ausgefüllten Spalte a
geführt ist. Die Uebergangsgebirge, wenigstens die Grauwa
und der Thonschiefer, sind ungefähr von derselben Beschaff
heit, und einzelne Brunnen im Thonschiefer sind wegen
schlechten Wassers, das vom Schwefelkiese stark verunrein
war, auch als ganz missglückt zu betrachten.

Das eigentliche Gebiet der Artesischen Brunnen sind
Flötzgebirge, doch keineswegs geben alle hierher gehörigen G
birgsarten gleiche Resultate. Der Sandstein ist wieder se
wasserarm, und wenn man darin auch Quellen findet, so fliess
sie nicht über, beim Keuper haben die bisherigen Versuche da
selbe ergeben, der Muschelkalk und Jurakalk stellen sich gü

---

*) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1839. *p.* 146.

**) Poggendorff's Annalen. Band 38. S. 588.

stiger hervor, aber vorzugsweise finden sich in der Kreide reichhaltige Wasseradern, wenn nach den sonstigen Verhältnissen deren Bildung überhaupt möglich ist. Die Kalkerde wird nur in geringer Menge vom Wasser aufgelöst, daher sind die Quellen, die aus derselben treten, von reinem Geschmacke und zu den meisten Zwecken brauchbar; aber durch das ununterbrochene Durchströmen von immer neuen Wassertheilchen geht die Auflösung der Kreide zwar langsam, doch dauernd fort, und so erweitern sich die Wasserläufe und es bilden sich Höhlungen, welche zuweilen Senkungen in der Erdoberfläche erzeugen. Diese Höhlungen sind es, die beim Bohren der Artesischen Brunnen ein plötzliches Herabsinken des Gestänges verursachen, und sie scheinen zum Theil auch von Fischen bewohnt zu sein, wenigstens wäre sonst das Erscheinen derselben im Zirknitzer See und in den Bohrlöchern der Egyptischen Oasen nicht zu erklären. Auch in Frankreich hat man aus den Artesischen Brunnen zuweilen Fische hervorkommen sehn: so warf der Brunnen zu Elbeuf, der 149½ Meter tief ist, eine Menge kleiner lebendiger Aale aus, deren Uebereinstimmung mit den gewöhnlichen Aalen von der Academie der Wissenschaften constatirt wurde *). Im Artesischen Brunnen im Zuchthause zu Beaulieu, ¼ Meile von Caen, fand man sogar einen lebendigen ausgewachsenen Aal, der sich durch sehr grosse Augen auszeichnete, was auf einen dauernden Aufenthalt in dunkeln Räumen schliessen lässt. **)

Die Sandmassen, die einige Bohrlöcher bei ihrer ersten Eröffnung ausgeworfen haben, und manche Wahrnehmungen beim Bohren selbst, zeigen, dass die unterirdischen Ströme nicht immer im Kalke sich befinden, sondern dass sie zuweilen auch zwischen diesem und einer darunterliegenden Sandschicht (grossentheils Grünsand) vorkommen. In diesem Falle bildet also der Kalk die feste Decke, welche das Verschütten des Stromschlauches verhindert.

Die Artesischen Brunnen, welche den Felsboden gar nicht erreichen und nur zu den Sand- und Kiesschichten im aufgeschwemmten Boden herabgeführt sind, pflegen im Allgemeinen

*) Poggendorff's Annalen. Band 36. S. 561.
**) Poggendorff's Annalen. Band 38. S. 601.

wenig ergiebig zu sein, indem sich hier keine weiten Oeffnungen bilden können und sonach die Quellen arm bleiben.

Die Höhe, zu welcher das Wasser der Artesischen Brunnen steigt, ist sehr verschieden, und hängt theils von dem Niveau des Speisewassers und theils von der Beschaffenheit der sonstigen Ausflüsse ab. Dass die Quellen zuweilen 20 bis 30 Fuss über den Boden gehoben werden, ist bereits bemerkt worden, doch giebt es Beispiele, wo sie noch viel höher steigen. In einem Brunnen zu Bruck bei Erlangen soll das Wasser bis 70 Fuss ausgespritzt sein, woher die Steighöhe in einer Röhrenleitung wahrscheinlich noch bedeutend grösser gewesen wäre *). In vielen Fällen dagegen erreicht das Wasser nicht die Oberfläche der Erde, so dass auch kein freier Ausfluss stattfindet und die Anwendung von Pumpen nöthig wird, wie dieses namentlich in London zu geschehn pflegt.

Eben so verschieden ist die Reichhaltigkeit der Artesischen Brunnen und dieselbe hängt zum Theil von der Höhe ab, in der man das Wasser ausfliessen lässt oder auspumpt. Je grösser diese Höhe ist, um so schwieriger wird der unterirdische Quell bis dahin gelangen können und ergiesst sich deshalb um so stärker durch die übrigen natürlichen oder künstlichen Abzüge. Man hat diese Abhängigkeit überall bemerkt, und wo die Steighöhe nicht bedeutend ist, macht eine Differenz von einem Fuss schon einen merklichen Unterschied in der Wassermenge. In jedem Brunnen giebt es eine gewisse Höhe, zu der das Wasser nur eben noch steigt, ohne sich darüber zu erheben; es hört sonach das Ausfliessen ganz auf, wenn die Oeffnung oberhalb dieser Grenze liegt. Im Allgemeinen sind Brunnen, die in der Secunde 5 Quart, oder gegen $\frac{1}{4}$ Cubikfuss Wasser geben, schon ziemlich selten, doch kommen auch Beispiele vor, dass sie bis 1 Cubikfuss in der Secunde liefern, wie z. B. der Brunnen in der Gemeine Bages, 2 Lieues südwestlich von Perpignan, der nach Arago's Mittheilung **) in jeder Minute 2000 Liter oder in der Secunde etwa $1\frac{1}{12}$ Cubikfuss gab.

Es ist begreiflich, dass so reiche Quellen, wenn sie uner-

*) Poggendorff's Annalen. Band 38. S. 601.

**) Poggendorff's Annalen. Band 29. S. 362. und im *Annuaire* 1834.

rtet aus dem Boden hervorbrechen, manche Verlegenheit herführen können, und dieses hat sich nach Héricart de Thury nentlich in England mehrmals ereignet. Bei einem Brunnen erschwemmte das ausstürzende Wasser in Kurzem den Garten l füllte die Keller an. Der Versuch, dasselbe durch einen rschluss der Röhre abzusperren, misslang, indem der Pfropfen mer mit grosser Heftigkeit herausgeworfen wurde, bevor man t noch fest eintreiben konnte. Es glückte jedoch, schwache nge oder dünne Röhrenstücke einzuschlagen, und dadurch nach d nach die Mündung zu verengen, bis man sie zuletzt ganz sperm konnte. In Tooting dagegen, wo das plötzlich ausbrechende Vasser die benachbarten Grundstücke inundirte, gelang es zwar, inen starken Pfropfen in die Röhre einzutreiben und dadurch len eigentlichen Artesischen Brunnen zu sperren, aber hierauf lrang das Wasser ringsumher aus dem Boden hervor und drohte lle umstehenden Gebäude einzustürzen. Man musste sich beilen, die Oeffnung wieder frei zu machen und durch Rinnen und Gräben für den Abfluss des Wassers zu sorgen.

Von der Lage der Wasseradern im Erdboden hat man nie ine bestimmte Kenntniss, und sonach ist das Anbohren derselen oder die Ausführung der Artesischen Brunnen auch immer in zweifelhaftes Unternehmen. Selbst in dem Falle, wenn beeits ähnliche Anlagen in der Nähe existiren und man daher die Lagerungsverhältnisse im Allgemeinen kennt, trifft es sich doch uweilen, dass man die Wasseradern, wodurch die andern Brunen gespeist werden, gar nicht findet, oder sie erst in viel grösserer Tiefe antrifft. Wegen dieser Unsicherheit muss man ich so einrichten, dass man sich nicht auf eine gar zu geringe Tiefe zu beschränken braucht. Bei grösserer Tiefe ist es nach len gemachten Erfahrungen im Allgemeinen auch etwas wahrcheinlicher, dass die Quellen reichhaltiger und reiner sein werden. Aus diesem Grunde wird häufig der Wasserzufluss, den man zuerst antrifft, nicht zur Speisung des Brunnens benutzt, und man treibt das Bohrloch tiefer, um zu versuchen, ob nicht weiterhin ein besserer Quell gefunden wird. So kommen Beispiele vor, dass durch dasselbe Bohrloch bis fünf Adern aufgeschlossen wurden, welche verschiedenartiges Wasser auf verschiedene Höhe steigen liessen; dieses geschah z. B. bei einem Bohrloche neben

dem Hafen von St. Ouen ohnfern St. Denis. Hierbei kann es indessen nicht fehlen, dass man mitunter auch auf Schichten trifft, in denen ein ungehinderter Abfluss stattfindet, oder die nicht vollständig mit Wasser angefüllt sind. In diesem Fall kann kein Wasser in das Bohrloch treten, sondern im Gegentheil wird das zufällig im Bohrloche befindliche Wasser sogar herabfliessen und verschwinden. Bricht man die Arbeit an einer solchen Stelle ab, so hat man einen Brunnen dargestellt, der im directen Gegensatze zu dem sonstigen Zwecke der Brunnen nicht Wasser giebt, sondern Wasser verschluckt und man nennt ihn einen absorbirenden Brunnen, wie deren in neuester Zeit in Frankreich viele mit grossem Vortheile zur Ausführung gebracht sind.

Der Unterschied zwischen absorbirenden und zuleitenden Schichten oder Adern scheint indessen durchaus nicht wesentlich zu sein, und es kann vielmehr jeder Brunnen, je nach der Art, wie er benutzt wird, stehendes Wasser enthalten, oder überfliessen oder Wasser verschlucken. Es existirt nämlich jedesmal eine gewisse Steighöhe, welche dem Drucke des Wassers in der Wasserader entspricht, und in diese stellt sich das Niveau des Brunnens, wenn er von oben weder Zufluss noch Abfluss hat; es bleibt auch, so lange keine Veränderungen in der Reichhaltigkeit der Quelle eintreten, unverändert in dieser Höhe stehn. Diese Höhe entspricht in sandigem Boden dem Stande des Grundwassers. Schöpft man Wasser aus, oder lässt man dasselbe durch eine Oeffnung, die unter der Steighöhe liegt, abfliessen, so vermindert sich die Druckhöhe im Brunnen und die Wasserader füllt den Brunnen aufs Neue, und zwar giebt sie einen um so stärkern Zufluss, je tiefer der Wasserstand unter der Steighöhe gehalten wird. Es erklärt sich hieraus wieder, dass durch die Senkung der Ausflussöffnung die Ergiebigkeit des Brunnens vermehrt wird. Im entgegengesetzten Falle, wenn man den Wasserstand im Brunnen über seine natürliche Steighöhe erhöht, oder Wasser zugiesst, so wird der Druck in der Röhre grösser, als der in der Wasserader, und das Wasser fliesst umgekehrt aus dem Brunnen in den Boden. Es ist indessen nicht möglich, diese Verhältnisse willkürlich in allen Brunnen eintreten zu lassen, und es kommt dabei besonders auf die Höhe des Bodens

Vergleich zu der natürlichen Steighöhe des Wassers an. Liegt
B. der Erdboden viel höher, so kann man kein natürliches
erfliessen darstellen, weil der tiefe Ableitungsgraben sich
ch mit Wasser anfüllen und dadurch seine Wirksamkeit ver-
en würde. Ebenso können Brunnen, die ihr Wasser weit
r den Boden werfen, nur dasjenige Wasser verschlucken,
ches unter einem noch grösseren Drucke ihnen zugeführt wird.

Die absorbirenden Brunnen sind sonach keineswegs als eine
entlich verschiedene Art von Brunnen zu betrachten, sie ver-
nen indessen in mancher Beziehung einer nähern Erwähnung
d ich will daher einige Anlagen dieser Art beschreiben. Zu
t. Denis hatte man einen Artesischen Brunnen angelegt, dessen
Wasser nicht den gewünschten Grad von Reinheit besass und
welches überdiess in solcher Menge hervorbrach, dass nament-
lich im Winter die Passage auf den Strassen beschwerlich und
bei eintretendem Froste sogar gefährlich wurde. Die städtische
Behörde wollte schon den Brunnen schliessen lassen, als im
Jahre 1828 der Ingénieur Mulot sich erbot, alle Uebelstände zu
beseitigen, ohne dass der Brunnen eingehn dürfte. Der Zufall
begünstigte das Unternehmen und es glückte, eine Brunnenanlage
darzustellen, die zu den interessantesten gehört, die überhaupt
vorkommen. Mulot benutzte zuerst eine absorbirende Schicht
(deren Tiefe jedoch nicht angegeben wird), um das überflüssige
Wasser fortzuschaffen. Die Bohrung wurde alsdann weiter fort-
gesetzt, und in der Tiefe von 55 Meter fand er dieselbe reiche
Wasserader, die schon früher benutzt war. Er ging aber noch
weiter und schloss 65 Meter tief einen Quell von grosser Rein-
heit auf, der jedoch nicht stark genug war, um den ersten ganz
entbehrlich zu machen. Nun wurde folgende Anordnung getroffen:
eine Röhre von 3 Zoll Weite führte den letzten Quell herauf
und liefert sonach das Wasser zum Trinken und Kochen. Diese
Röhre steckt in einer andern, die 4 Zoll weiter ist, und das
minder reine Wasser in ein Becken führt, welches zugleich den
ersten Quell aufnimmt, insofern er nicht benutzt wird. Das er-
wähnte Becken giesst endlich das überflüssige Wasser in ein
darunter befindliches Reservoir, und dieses wird durch eine
11 Zoll weite Röhre, welche zugleich die beiden andern ein-
schliesst, in die absorbirende Schicht gegossen. So steigt das

Wasser an derselben Stelle aus verschiedenen Tiefen herau und wird wieder in den Boden zurückgeleitet *).

In diesem Falle hatte man der absorbirenden Schicht nu reines Wasser zugeführt, wenige Jahre später versuchte man e auch, auf dieselbe Art unreines Wasser abzuleiten. Der Abgan und das Spühligt einer Stärkefabrik zu Villetaneuse, einem Flecke ohnfern St. Denis, verunreinigte die Brunnen in der Nachbar schaft und nicht minder den Bach Enghien, worüber weit un breit Klagen erhoben wurden. Der Versuch, dasselbe durch Senk gruben fortzuschaffen, missglückte, indem diese Gruben nicht verschluckten und sogar Wasser gaben, und so wurde den endlich im Jahre 1831 ein Ausschuss des Gesundheitsrathes m der nähern Untersuchung der Angelegenheit beauftragt. Dersell erkannte es für nothwendig, das schmutzige Wasser auf irgen eine andere Weise zu entfernen, und machte zugleich den Vor schlag, es durch Bohrlöcher in einen unterirdischen Strom z versenken. Der Ingénieur Mulot übernahm wieder die Ausfüh rung des Bohrloches, und es gelang, in der Tiefe von 64 Mete den gewünschten Abfluss zu eröffnen. Während des Winters vo 1832 auf 1833 verschluckte der Brunnen täglich 80000 Lite oder in 33 Secunden einen Cubikfuss, ohne dass weder von de nächsten Nachbarn, noch sonst irgendwo eine Beschwerde erho ben wurde. Nachdem dieser günstige Erfolg bekannt geworde war, wurde bald bei einer andern Anlage gleichfalls in der Näh von Paris dasselbe versucht, und zwar unter Umständen, di viel bedenklicher erschienen. In dem Bois de Bondy ohnfern des Ourcq-Canals, 4 Lieues von Paris, existirt nämlich seit ge raumer Zeit eine Poudretfabrik, welche aus den Cloaken von Paris das Material bezieht und weit und breit um sich die Luf verpestet, auch das Wasser des Crou-Baches inficirt, der be St. Denis in die Seine fliesst. Zur Einrichtung eines bequemen Betriebes der Fabrik wurde hier wieder durch Mulot, ohne dass davon weiter die Rede war, ein absorbirendes Bohrloch eröffnet, welches innerhalb 24 Stunden ungefähr 120 Cubikmeter oder in 22 Secunden einen Cubikfuss von dem höchst unreinen Wasser verschluckte. Als die Polizeibehörde hiervon Kenntniss erhielt, liess sie aus Besorgniss, dass alle Artesische Brunnen bei Paris

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. p. 314.

ch verunreinigt werden möchten, die Benutzung des Bohr- einstellen und es wurde eine Commission zur Untersuchung Gegenstandes niedergesetzt. Der Ingénieur Girard war Mit- und Berichterstatter dieser Commission, und das Gutachten lben sprach sich unbedingt für die Beibehaltung der Anlage Er wies nämlich in manchen Beispielen nach, dass die rführenden Schichten, wenn sie verunreinigt werden, ihren ss nur auf die allernächsten Umgebungen erstrecken, und ders zeigte er dieses am Irrenhause in Bicètre, wo man den Spühligt und dergleichen von 4000 bis 6000 Menschen seit Jahre 1810 in die zweite wasserführende Schicht herabstürzt, dass Brunnen in der Entfernung von einigen Hundert Metern, ach ihrer Tiefe zu urtheilen durch dieselbe Schicht gespeist en, eine Spur von Verunreinigung zeigen. Hiernach meinte ei es durchaus nicht zu erwarten, dass ein nachtheiliger Ein- sich bis nach Paris erstrecken könne. Alle Quellen und nen in grösserer Nähe wären dieser Gefahr aber nicht aus- tzt, indem sie nur durch die obern Schichten gespeist werden. ich wurde bemerkt, dass kein rechtlicher Grund zur Unter- kung der Anlage existirt, und gewiss wäre die Vorsicht zu getrieben, eine Verunreinigung des Erdbodens in der Tiefe mehreren Hundert Fuss noch verhindern zu wollen. Bei Aus- ng des Bohrloches hatte Mulot in der Tiefe von 40 bis 47 r in klüftigem Kalk eine absorbirende Schicht gefunden, die jedoch in 24 Stunden nur 50 bis 60 Cubikmeter aufnahm, gen fand sich in 65 bis 75 Meter Tiefe eine Sandschicht, he die benannte Quantität verschluckte, weshalb mit dem Bohren t weiter gegangen wurde. Es ist auffallend, wie die Capacität Bohrloches nach der Eröffnung desselben sehr schnell und lich regelmässig zunahm, dasselbe verschluckte nämlich

zu Ende März 1834	täglich	107	Cub. Met.
Anfang April	-	137	-
Mitte April	-	147	-
Ende April	-	147	-
Anfang Mai	-	157 *)	-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. *p.* 324 ff. und 1835. . 126. Nach spätern mir gemachten Mittheilungen hat der Brunnen wenig Jahren zu wirken aufgehört.

Das Vertrauen zu Anlagen dieser Art nahm schnell zu, im Jahre 1834 liess der Magistrat von Paris drei absorbir Brunnen an den drei Thoren du Combat, de Saint-Mandé de la Cunette ausführen. Der erste, der hauptsächlich sumpfigen District, dem die natürliche Entwässerung fehlt, tro legen sollte, war in demselben Jahr durch Mulot auf 81¼ M herabgetrieben und im folgenden Winter stellte man Versuche seine Capacität an. Diese gaben das überraschende Resu dass er in einer Stunde 50, 70 und zuletzt sogar 100 Cu meter, oder in einer Secunde bis $\frac{9}{10}$ Cubikfuss Wasser verschlu Die Weite der Röhre war nach der Tiefe verschieden, sie be zum Theil nur 0,13 Meter, oder nahe 5 Zoll. Man versu auch durch einen aufrecht schwimmenden Maassstab die ei tende Erhebung des Wasserspiegels im Bohrloche während Zuflusses zu beobachten; doch gelang es nicht, hierüber zu ei entscheidenden Resultate zu kommen, indem der Schwimmer, nur geringe Dimensionen erhalten durfte, von dem abwärts richteten Strome heruntergezogen wurde. *)

Auf solche Art haben die Artesischen Brunnen in der let Zeit eine neue Anwendung gefunden, welche ihrer sonstigen nutzungsart gerade entgegengesetzt, aber keineswegs minder wic ist. Ueber den Nutzen dieser Brunnen mit Rücksicht auf il ersten Zweck ist noch Einiges zu bemerken. Es bedarf ke nähern Erwähnung, dass die Beischaffung von einem reichlic Zuflusse reinen Wassers häufig als ein so wichtiger Gegenst erscheint, dass davon allein die Industrie, Bodencultur und v leicht die Bewohnbarkeit einer Gegend abhängt. Indem aber du die Artesischen Brunnen tiefliegende Wasseradern, die diesen dingungen entsprechen und die man mit gewöhnlichen Brun nicht erreichen kann, aufgeschlossen werden, so ist ihr Nut zuweilen unschätzbar gross. Wenn die Quantität des Wass und die Höhe, zu der dieses ansteigt, auch keineswegs den W schen immer entspricht, so kann dennoch die Reinheit und Fris desselben schon sehr vortheilhaft sein. Man hat in neuerer Z auch daran gedacht, gewöhnlichen Brunnen, deren Wasser min rein ist, durch Artesische zu ersetzen. Wo letztere überflies

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1835. II. p. 362.

und weite Brunnenkessel füllen, da ist eine Anordnung dieser Art ganz passend. Wenn dagegen der Wasserstand im Bohrloche bedeutend unter der Oberfläche des Bodens bleibt und man die Saugröhre der Pumpe unmittelbar in das enge Bohrloch hängen muss, so ist die Ergiebigkeit sehr beschränkt und es lassen sich hierdurch nicht die Wassermassen beischaffen, welche ganze Strassen bevölkerter Städte oder auch nur einzelne Etablissements, wie z. B. grosse Brauereien, erfordern. Dieser Gegenstand ist ausführlich behandelt in einem Aufsatz von John Seaward *) und es wird darin ein Beispiel angeführt, wie durch Senkung des Brunnenkessels bis unter den Wasserstand im Bohrloche die Wassermenge sich um das Zehnfache vermehrte.

Die Versuche, durch Artesische Brunnen dem Wassermangel in Canälen und Hafenbassins abzuhelfen, haben überall unzulängliche Resultate gegeben. Der Hafen zu St. Ouen ohnfern Paris besteht in einem Bassin, welches einen höhern Wasserstand als die Seine hält und von letzterer durch eine Schiffsschleuse getrennt ist: bald nach Vollendung der Anlage zeigte sich ein sehr merklicher Wassermangel, indem die Zuflüsse nicht reichhaltig genug waren, um den Wasserbedarf zum Füllen der Schleuse bei einer lebhaften Schiffahrt zu liefern. Man legte daher zwei Artesische Brunnen an, die zwar das Wasser bis 7 Meter über das Niveau des Hafens ausgossen, aber doch nicht reichhaltig genug waren, indem sie in der Secunde zusammen nur etwa $\frac{1}{4}$ Cubikfuss Wasser gaben. Man hat deshalb noch ein grosses Wurfrad erbaut, welches, durch eine Dampfmaschine getrieben, das Wasser aus der Seine hebt. Bei London missglückte gleichfalls der Versuch, einem Canal durch Artesische Brunnen mehr Wasser zu verschaffen, wie Seaward erzählt, und ebensowenig konnte die New-River-Company dadurch eine merkliche Vermehrung der Wassermenge erzielen, dass sie Artesische Brunnen anlegte. Auch in Münster, wo Artesische Brunnen schon mehrfach mit Erfolg ausgeführt waren, versuchte man, den Canal, der immer an Wassermangel litt, auf diese Art zu speisen, das Resultat war aber gleichfalls ganz ungenügend.

Es ist bereits erwähnt, dass man das Wasser der Artesischen

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. p.* 145.

Brunnen bei Béthune zum Betriebe eines Mühlrades benutzt;
giebt hiervon noch manche andere Beispiele, doch darf man d
an keine grosse Werke denken: die Mühle bei Béthune m
in 24 Stunden etwa 4 Centner Mehl. Ein anderer Brunnen t
ein Rad, das eine kleine Handpumpe bewegt, und eben so ger
fügig sind alle hierher gehörigen Anlagen. Wichtiger scheint
Nutzen zu sein, den man hin und wieder von der Temperatur
Artesischen Brunnenwassers gezogen hat, so lässt man es
südlichen Deutschlande mehrfach im Winter über die Mühlenr
fliessen, um die Bildung von Eis zu verhindern, und in e
Papiermühle zu Heilbronn leitet man es in Röhren durch
Räume der Fabrik und erhält dadurch auch bei starkem Fr
die Temperatur auf + 6° R. *)

Von besonderer Wichtigkeit sind die Artesischen Brun
endlich in neuerer Zeit für die Salinen geworden, indem es d
Anwendung derselben häufig geglückt ist, eine viel reichhalti
Sohle zu gewinnen. Die tiefsten Bohrlöcher, die überhaupt a
geführt sind, hat man gerade zu diesem Zweck unternommen,
Bohrloch bei Rehme ist über 2000 Fuss tief. In solchen Fä
pflegt sich noch eine eigenthümliche Erscheinung darzustellen,
nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf. Es kommt d
nämlich häufig auch ein starkes Ausströmen von Gas vor,
zwar besteht dasselbe aus Kohlenwasserstoffgas, welches man
und wieder auch besonders ableitet und zur Feuerung ben
Ein interessantes Beispiel dieser Art zeigt die Saline bei Rh
an der Ems, wo das Gas in einem Gasometer gesammelt
nach dem Wohnhause geführt wird.

§. 10.

Artesische Brunnen: das Gestänge.

Die Arbeiten bei der Anlage Artesischer Brunnen bestehe

1) in dem eigentlichen Bohren oder in der Ausführung
   Bohrloches,
2) in der Einfassung desselben, oder im Einsetzen der Fut
   röhren, um das bereits ausgeführte Bohrloch vor dem V
   schütten zu sichern, und endlich

*) Verhandlungen des Gewerbevereins in Preussen. 1830.

3) im Einbringen der wasserdichten Steigeröhre, durch welche der aufgeschlossene Quell ohne Verlust und ohne Verunreinigung durch fremdes Wasser bis zur Erdoberfläche ansteigen kann.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass man in der grossen Tiefe weder den Bohrer, noch die übrigen Apparate unmittelbar führen und ihnen die gehörige Richtung und Haltung geben kann, vielmehr geschieht dieses nur durch Vermittelung einer Stange oder eines Seils von mehreren Hundert bis Tausend Fuss Länge. Nichts desto weniger muss das Bohrloch immer senkrecht gehalten werden und einen bestimmten und regelmässigen Querschnitt haben, weil sonst der Bohrer nicht gehörig wirken kann und eine weitere Fortsetzung der Arbeit unmöglich werden würde. Auch die Einführung der Futter- und Steigeröhren erfordert eine gerade Richtung und eine gleiche Weite des Bohrloches. Dazu kommt noch, dass der Boden oft von sehr wechselnder Beschaffenheit ist, so dass man zuweilen bald auf Sand und bald auf feste Geschiebe trifft, von denen der erstere eine Ausfütterung verlangt und die letzten nicht mit gewöhnlichen Erdbohrern, sondern mit Meisseln durchstossen werden müssen, und dass vielleicht unter diesen wieder eine lose Schicht, oder ein bröckelndes Gestein liegt, welches die Einbringung von Futterröhren aufs Neue fordert. Den grössten Uebelstand bilden die Zufälligkeiten, die bei solcher Arbeit unvermeidlich sind. Einzelne Theile des Apparats brechen und bleiben im Bohrloche stecken, hin und wieder fallen Schrauben oder andere Stücke herab, die bereits eingesetzten Futterröhren werden beschädigt und dergleichen mehr. Auf solche Art ist der Erfolg dieser Anlagen immer weit unsicherer, als der von andern Bauwerken, und dieses nicht nur in Bezug auf die Tiefe, worin die Quellen angetroffen werden, sondern auch auf die Arbeit selbst. Wenn es bei einer geschickten Leitung und bei hinreichenden Geldmitteln auch nicht leicht vorkommt, dass die angefangene Arbeit nicht fortgesetzt werden kann, so ist die Langsamkeit im Fortschreiten derselben und die häufig eintretende Unterbrechung doch oft Veranlassung, das ganze Unternehmen aufzugeben. Anfangs schreitet das Bohren sehr schnell vor, doch bald werden alle Operationen viel zeitraubender, und in der Tiefe von einigen Hundert Fuss

pflegt man täglich kaum einen Fuss weiter zu kommen, dabei werden aber die zufälligen Störungen immer häufiger und bedenklicher. Bricht in grosser Tiefe ein Theil des Apparats und stürzt in das Bohrloch herab, so müssen zahllose Versuche gemacht werden, das verlorne Stück wieder zu fassen. Eine directe Methode, deren Erfolg ganz sicher wäre, giebt es nicht und bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Zufälle, die hierbei eintreten können, und die man von oben her auch nicht immer zu beurtheilen im Stande ist, ist ein ganz sicheres Verfahren zum Fassen des verlornen Stückes nicht denkbar. Man probirt also auf eine und die andere Art oft Wochen und Monate lang, bis es endlich zufälliger Weise glückt, das Hinderniss zu heben.

Beim Bohren werden zwei wesentlich verschiedene Methode angewandt, nämlich entweder mit festem Gestänge, oder m dem Seile. Nach der ersteren wird der Stiel des Bohrers b der zunehmenden Tiefe des Bohrloches nach und nach durch a gesetzte Stangen verlängert, und indem die Bewegung, die m der obersten Stange giebt, sich durch die folgenden dem Bohre mittheilt, so behält man immer einigermaassen die Führung de Bohrers und kann ihn wenigstens drehn und in jeder beliebige Stellung herablassen. Ein grosser Uebelstand hierbei ist d Zeitverlust, den jedesmal das Heraussheben und das Herablass des Bohrers verursacht, indem das Gestänge in einzelne Thei von höchstens etwa 30 Fuss Länge zerlegt werden muss, wo bei grösseren Tiefen mehrere Stunden, auch wohl halbe Ta gehören, so dass zuweilen der grösste Theil der Zeit auf d immer wiederholte Auseinandernehmen und Zusammensetzen d Gestänges verwendet wird. Das grosse Gewicht und die Kos barkeit eines langen Gestänges sind gleichfalls Uebelstände dies Methode. Beim Seilbohren kommt dieser Nachtheil nur in g ringerem Maasse vor. Das Gestänge wird dabei durch ein S ersetzt, woran der Bohrer hängt; will man den letzteren heraus nehmen, so braucht man nur das Seil aufzuwinden, was in ein ungleich kürzeren Zeit geschieht. Dagegen vermisst man b dieser Methode den grossen Vortheil, dass man den Bohrer beliebi drehn kann, und sonach wird theils das Durchfahren von Er schichten beinahe unmöglich, theils aber nehmen auch die Schwie rigkeiten beim Fassen herabgestürzter oder zerbrochener Bohr

in einem sehr hohen Grade zu. Das Seilbohren findet daher seine eigentliche Anwendung nur in festem und zusammenhängendem Gesteine; die dazu gehörigen Apparate lassen sich mit minderen Kosten beschaffen, und wenn kein Bruch sich ereignet und alle Arbeiten glücklich von Statten gehn, so kann man damit die Anlage selbst in kürzerer Zeit, als nach der ersten Methode, beendigen. Kommen dagegen Zufälligkeiten vor, so dass etwa ein Bohrer stecken bleibt, und bei den ersten Versuchen, denselben zu heben, die Wände des Bohrloches abbröckeln und dadurch eine Menge Steinschutt über dem Bohrer sich ansammelt, alsdann hört alle Wirksamkeit des Seilbohrens auf, und es bleibt nur übrig, die frühere Arbeit ganz aufzugeben, oder zu einem festen Gestänge seine Zuflucht zu nehmen. Der Vorzug der allgemeineren Anwendbarkeit und der grösseren Sicherheit gebührt daher unbedingt der ersten Methode, welche auch viel häufiger als die zweite und bei grösseren Anlagen ausschliesslich angewendet wird.

Ich werde zunächst die Methode des Bohrens mit festem Gestänge und dann das Seilbohren beschreiben. *)

Das **Gestänge** bildet die Verlängerung des Stieles der Bohrer und der sonstigen Instrumente zum Aufräumen und Vertiefen der Bohrlöcher. Es besteht aus Stangen von geschmiedetem Eisen, die an ihren Enden mit Vorrichtungen versehn sind, wodurch sie möglichst leicht und fest verbunden werden können. Diese einzelnen Theile oder Glieder müssen nicht nur die nöthige Stärke und Festigkeit besitzen, um nicht unter der eigenen Last zu zerreissen, sondern sie müssen auch der Drehung und dem

---

*) Ausser dem erwähnten Werke von Garnier: *de l'art du fontenier sondeur*, handeln hierüber besonders ausführlich folgende Schriften:

1) Das technische Verfahren bei Bohrung Artesischer Brunnen von Paulucci. Wien 1838.
2) *The constructive Manual by Chr. Davy. Vol. I.* London 1839. p. 10 ff.
3) Karsten und v. Dechen, Archiv. Band XII. Heft 7. (Beschreibung der Bohrarbeit bei Artern von v. Dechen.)
4) *Annales des Mines. Tom. XIV.* p. 315. *(Description des outils employés dans les travaux de sondage par Degousée.)*

verstärkten Zuge widerstehn, wenn der Bohrer sich klemmen sollte. Eine zu grosse Verstärkung ihres Querschnitts würde in gleichem Maasse ihr Gewicht vermehren und dadurch die Arbeit um so schwieriger machen; es ist daher namentlich bei einem sehr langen Gestänge nöthig, dass dasselbe aus dem besten Material besteht und zugleich möglichst sorgfältig verarbeitet ist. Der Querschnitt des Gestänges ist quadratisch, um jede einzelne Stelle desselben gehörig fassen und drehn zu können. Die Stärke wird offenbar von der ganzen Länge und zum Theil auch von der Weite des Bohrloches und manchen Eigenthümlichkeiten des Bodens abhängen, die einen grösseren oder minderen Widerstand bedingen. Der geringste Querschnitt eines Gestänges, welches dauernd benutzt werden soll, beträgt 1 Quadratzoll, für grössere Tiefen bis etwa 500 Fuss pflegt die Seite des Quadrates schon 1¼ Zoll zu messen, und 1½ Zoll, wenn man gegen 1000 Fuss herabgehn will. Beim Bohrapparate, der im Schlachthause von Grenelle zu Paris angewandt wurde, hielt der Querschnitt des Gestänges beinahe 4 Quadratzoll. *)

Man sollte meinen, dass bei grösserer Tiefe nur die obern Glieder verstärkt werden dürfen, doch lehrt die Erfahrung, dass die untern der Gefahr des Drehens und Biegens immer am meisten ausgesetzt sind, und daher pflegt man in Frankreich, wenn man nicht einen gleichen Querschnitt wählt, sogar die untern zu verstärken. Bei dem in Artern bis auf 1000 Fuss herabgeführten Bohrloch hatte der grösste Theil des Gestänges nur den Querschnitt von 1 Quadratzoll und nur die untern Stangen maassen 1¼ Zoll in der Seite, doch wurde das Gestänge hier auch besonders stark angegriffen.

Die Länge der einzelnen Glieder ist nicht immer gleich gross, und im Allgemeinen lässt man sie mit der grösseren Tiefe des Bohrloches und mit ihrer Stärke wachsen. Dieses hat seinen

*) Dieser Brunnen wurde 1833 unter Leitung des bereits genannten Ingénieur Mulot begonnen, und war im Februar 1841 etwa 1750 Fuss Rheinl. herabgetrieben, als er plötzlich eine reiche Wasserader eröffnete, die ihn nicht nur anfüllte, sondern auch ein starkes Ueberströmen veranlasste.

Grund darin, dass bei einer grossen und schwierigen Brunnen-anlage hohe Rüstungen erbaut werden, an welche man die hohen Stangen lehnen kann. Indem man aber oben kürzere Glieder anbringt, so vermeidet man die Unbequemlichkeit, dass beim Bohren das oberste Glied weit über dem Boden vorsteht. Bei Anwendung kürzerer Glieder darf man dieselben auch nicht immer einzeln lösen, sondern mit Rücksicht auf die Höhe der Rüstungen, wogegen sie gestellt werden, dürfen zwei oder drei derselben verbunden bleiben, wodurch die Arbeit um Vieles erleichtert wird. Die Länge der einzelnen Glieder beträgt in gewöhnlichen Fällen 12 bis 15 Fuss, zuweilen auch nur 8 Fuss und andererseits 30 bis 36 Fuss. Im Allgemeinen thut man aber immer wohl, sie nach Maassgabe der Rüstung und des Hebezeuges möglichst lang zu machen, weil die Verbindungen der Glieder nicht die Sicherheit und Solidität haben, als wenn die Stangen im Zusammenhange ausgewalzt und zusammengeschweisst wären.

Die Verbindung der einzelnen Glieder ist sehr verschieden, insofern keine Verbindung allen Anforderungen vollständig entspricht, die man an ein Gestänge macht. Eine Hauptbedingung ist, dass die Theile nicht nur vor einer zufälligen Trennung gesichert sind, sondern auch so fest schliessen, dass sie nicht schlottern. Ferner muss eine Drehung des Gestänges wenigstens in einer Richtung vorgenommen werden können; es ist aber sehr vortheilhaft, wenn nöthigenfalls auch rückwärts gedreht werden kann, denn ein festgeklemmter Bohrer lässt sich auf diese Art am leichtesten lösen. Sodann muss das Verfahren beim Auseinandernehmen und Zusammensetzen des Gestänges möglichst einfach und wenig zeitraubend sein, und endlich ist es noch von grosser Wichtigkeit, dass gar keine kleineren Verbindungsstücke, wie Schraubenbolzen oder Muttern, vorkommen, da diese leicht in das Bohrloch herabfallen und alsdann nur mit der grössten Mühe und nach vielfachem Suchen und Probiren wieder heraufgebracht, oder seitwärts gedrängt werden können.

Die einfachste und vielleicht auch die beste Art der Verbindung der Glieder ist die einfache Schraube, indem jedes Glied an einem Ende mit einer Schraubenspindel und am andern mit einer Mutter versehn ist. Die Schraube darf aber keine schwache

Stelle im Gestänge bilden, und sie muss daher denselben Querschnitt, wie der übrige Theil des Gliedes haben; es folgt hieraus, dass die Mutter in einer angebrachten Verstärkung oder in einem Bundringe eingeschnitten sein muss. Wollte man beim scharfen Anziehn der Schraube nur die Oberfläche des Schraubenbolzens gegen den Boden der Oeffnung in der Mutter drücken lassen, so würde die Verbindung nicht fest genug sein, indem theils die Fläche, auf der die Reibung erfolgt, zu klein ist und theils auch die Schraubengänge in der Mutter nahe am Boden nicht genau ausgeschnitten werden können. Aus diesem Grunde versieht man auch dasjenige Ende des Gliedes, woran die Schraubenspindel sich befindet, mit einem Bundringe, und beide äussere Flächen dieser Bünde werden regelmässig bearbeitet, so dass beim Anziehn der Schraube zwischen ihnen der scharfe Schluss erfolgt. Die Schraubenspindel muss dabei so kurz sein, dass sie den Boden der Mutter nicht berührt, auch bei einem später erfolgenden tieferen Eindringen nicht dagegen stösst. Um eine noch innigere Berührung hervorzubringen, werden zuweilen die Endflächen flach abgedreht, die eine hohl, die andere erhaben, wie Fig. 10, und zwar *a* im Durschnitt und *b* in der Seitenansicht, zeigt. Dabei wird noch der Vortheil erlangt, dass nicht nur die Schraube, sondern auch diese conischen Flächen auf die Centrirung des Gestänges hinwirken; die Bundringe sind alsdann stärker, als man sie sonst macht.

Wie fest und einfach diese Verbindung auch immer ist, so tritt dabei der Uebelstand ein, dass man den Bohrer nicht zurückdrehn darf, weil sich sonst die einzelnen Glieder von einander lösen. Man hat zwar manche Vorrichtungen zur Verhütung des Auslösens beim Zurückdrehn vorgeschlagen und zuweilen auch wirklich ausgeführt, dabei wird aber das scharfe Anziehn der Schraube beeinträchtigt und sonach leidet die Festigkeit und Steifigkeit des Gestänges. Nach Pauluzzi sollen die folgenden beiden Verfahrungsarten zu diesem Zwecke in Frankreich häufig gewählt werden. Die erste, welche auch in Deutschland verschiedentlich angewendet ist, besteht darin, dass man seitwärts durch die Mutter und die Schraubenspindel ein kleines Loch bohrt, in welches man entweder einen Stift, oder eine kleine Seitenschraube einbringt und dadurch ein Ausdrehn der Haupt-

schraube unmöglich zu machen sucht. Es tritt jedoch hierbei der Uebelstand ein, dass die Schraube sich mit der Zeit etwas ausarbeitet und alsdann weiter vorgedreht werden muss, um gehörig zu schliessen. In diesem Falle trifft der Stift nicht mehr das Bohrloch des Schraubenbolzens, oder wenn er dasselbe trifft, so ist die Schraube noch nicht fest angezogen. Wenn man sich auf die Durchstecknägel überhaupt verlassen könnte, so möchte sich durch Anbringung einer losen Schraubenmutter der erwähnte Uebelstand noch füglich vermeiden und eine in der Zusammensetzung ganz bequeme und zugleich für das Hin- und Herdrehn feste Verbindung erreichen lassen. Das obere Ende des Gliedes erhält nämlich keinen Bundring, sondern nur ein langes Gewinde, worauf eine lose Mutter gleichfalls von der gehörigen Länge aufgeschroben ist und beständig darauf bleibt. Das untere Ende des nächsten Gewindes ist auf gewöhnliche Art mit einer Verstärkung, worin die Mutter ausgeschnitten ist, versehn. In der letzteren, sowie im Schraubenbolzen, befindet sich das Loch für den Stift, und man schraubt die Spindel so weit, dass der Stift eingesetzt werden kann, worauf die lose Schraubenmutter scharf angezogen wird. So lange der Stift nicht nachgiebt, kann eine Trennung der auf solche Art verbundenen Glieder nur durch Abdrehn der losen Mutter von dem obern Gliede erfolgen, was nie von selbst geschieht. Die Festigkeit solcher Stifte ist aber sehr zweifelhaft. Einen grossen Querschnitt darf man ihnen nicht geben, weil sonst die Schraubenbolzen die Haltbarkeit verlieren, und wenn sie nur dünn sind, so zerbrechen sie leicht, selbst wenn man guten Stahl dazu verwendet hat. Dieses hat sich namentlich bei der Ausführung des bereits erwähnten Bohrloches bei Artern gezeigt.

Nach der zweiten Methode, die Pauluzzi erwähnt, werden die Verstärkungen oder Bundringe neben den Schrauben als sechseckige Prismen bearbeitet, und beim Zusammensetzen stellt man sie so, dass die Kanten beider zusammenfallen und streift sechseckige hohle Prismen darüber. Es ist klar, dass ein scharfer Schluss der Schrauben im Allgemeinen hierdurch eben so wenig erreicht werden kann, wie bei den zuerst beschriebenen Stiften.

Sodann wendet man zuweilen statt der Schrauben, gabelförmige Verbindungen an, so dass das Ende des einen Gliedes

das des nächsten umfasst und mittelst Seitenschrauben gehalten wird. Auch hierbei kommen manche Modificationen vor, sowie überhaupt fast bei jedem neuen Gestänge, auch eine neue Art der Verbindung versucht zu werden pflegt. Die von Garnier empfohlne Verbindung, die Fig. 11 zeigt, gestattet das Zurückdrehn des Bohrers, und empfiehlt sich dadurch, dass alle Theile sich mit Genauigkeit bearbeiten lassen und sehr fest in einander greifen, woher sie auch jetzt noch häufige Anwendung in Frankreich findet. Der grösste Uebelstand dabei ist das Vorkommen der losen Schraubenbolzen und Muttern, von denen die letzten jedoch ohne Nachtheil entbehrt werden können, wenn das Gewinde in den hintern Lappen des Gestänges selbst eingeschnitten wird. Wenn man die Muttern anwendet, so müssen die Schraubenbolzen in der Nähe des Kopfes viereckig ausgeschmiedet sein, und einen gleichen Querschnitt müssen auch die Löcher in dem vorderen Lappen haben, weil sonst beim Anziehn der Muttern die Schraubenbolzen mit gedreht würden. Ferner ist zu bemerken, wie dieses auch die Figur zeigt, dass die Bolzen in entgegengesetzter Richtung eingesteckt werden, damit sie gleichzeitig durch zwei Arbeiter befestigt und gelöst werden können.

Noch muss erinnert werden, dass eine gleichmässige Bearbeitung aller Theile nothwendig ist, damit die einzelnen Glieder nicht ihrer Reihenfolge nach ausgesucht werden dürfen, sondern alle zusammenpassen. Auch muss jeder Bohrer und jedes sonstige Werkzeug, das ans Gestänge befestigt wird, an seinem Kopfe in derselben Art geformt sein, wie jedes obere Ende eines Gliedes vom Gestänge, damit es an das untere Ende jedes einzelnen Gliedes angesetzt werden kann.

Zum Heben des Gestänges bedient man sich zuweilen besonderer Kopfstücke, Fig. 12, in welche jedes obere Ende eines Gliedes passt. Dieselben sind oben mit einem Wirbel versehn, weil ein langes und schweres Gestänge, das unter seiner eigenen Last biegen würde, auch während des Bohrens im Hebezeuge hängen muss. Ein solches Kopfstück findet besonders beim Gebrauche der Steinbohrer Anwendung, die nicht gedreht, sondern aufgestossen werden, es lässt sich aber nicht benutzen, wenn die einzelnen Glieder des Gestänges zusammen-

schroben sind und gedreht werden, denn die Drehung wird
icht am Kopfe selbst vorgenommen, sondern an dem zunächst
arunter befindlichen Gliede, und sonach wird letzteres bei einer
ewegung in der Richtung des Schraubenganges vom ersteren
icht gelöst. Man muss in diesem Falle besondere Haken oder
cheeren zum Fassen des Gestänges gebrauchen. Besonders
equem und sicher für diesen Zweck ist der Doppelhaken, den
ig. 13 *a* und *b* in der Ansicht von vorn und von der Seite
eigt. Die Entfernung seiner beiden Arme von einander ist so
ross, dass wohl der mittlere Theil eines Gliedes, aber nicht
ie Verstärkungen oder Bundringe dazwischen Raum finden. Wäh-
end des Bohrens werden die beiden Arme an ihren Enden noch
it einem Bolzen verbunden, um nicht auseinander gedrängt zu
erden, auch das gefasste Glied nicht entweichen lassen. Der
aken muss übrigens mit einem Wirbel versehn und so geformt
ein, dass er den Kopf jedes Gliedes in der Mitte fasst und
irgend ein Klemmen oder Biegen erfolgt.

Auch der Fig. 14 *a* und *b* dargestellte Haken ist sehr
rauchbar und besonders deshalb, weil er nicht nur den Kopf
es Gliedes fasst, sondern jede Stelle des Gestänges sicher hält.
ig. 14 *a* zeigt, wie er beim Eingreifen eine etwas schräge
Lage annimmt und eben dadurch die Stange fest klemmt. Aus
iesem Grunde tritt bei seinem Gebrauche die Gefahr ein, die
Stange, welche er fasst, zu verbiegen, und man muss daher,
während das Gestänge in ihm hängt, jede Erschütterung
ermeiden. Beim Ausheben und Herablassen des Gestänges ist
ieser Haken von grosser Wichtigkeit. Gesetzt, dass man das
estänge ausheben will, so befestigt man am obern Ende des-
elben das Kopfstück Fig. 12, oder den Haken Fig. 13, und
ebt das Gestänge hieran mittelst des Hebezeuges so hoch, dass
ie sämmtlichen Glieder, die auf einmal gelöst werden sollen,
über dem Bohrloche schweben. Alsdann bringt man den in Rede
stehenden Haken unter dem Kopfe desjenigen Gliedes an, wel-
ches noch nicht gelöst werden soll. Dieser Haken ist an einem
besonderen Seile befestigt, und nachdem er angelegt ist, lässt
man das Hebezeug so weit nach, bis das Gestänge in dem letz-
en Seile hängt. Jetzt können die obern Glieder von dem Ge-
stänge gelöst werden, und indem sie noch an dem Hebezeuge

hängen, so lassen sie sich leicht seitwärts stellen. Ist dies geschehn, so wird das Kopfstück oder der Doppelhaken wieder an das Gestänge befestigt und dasselbe hieran aufs Neue gehoben. Wollte man zu beiden Zwecken den Doppelhaken anwenden, so wäre es nöthig, das obere Ende jedes Gliedes mit zwei besonderen Bünden zu versehn, wie dieses auch zuweilen geschieht. Beim Herablassen des Gestänges wiederholt sich dasselbe Verfahren in umgekehrter Reihenfolge.

Ueber das Anknüpfen eines starken Taues an einen eisernen Ring oder Haken mag hier gleich das Nöthige bemerkt werden. Wollte man das Tau unmittelbar um den eisernen Ring schlingen, so würde eines Theils der Uebelstand eintreten, dass bei der scharfen Biegung des Taues um den Eisenstab die Fäden sehr ungleich gespannt würden, und indem die am stärksten gespannten bald zerreissen, so kämen nach und nach alle Theile des Taues zum Bruche, und der ganzen Verbindung fehlte die nöthige Festigkeit. Ausserdem aber würde bei jeder Bewegung auch der Ring gegen das Tau reiben und letzteres leicht abnutzen. Aus diesen Gründen pflegt man nicht nur im vorliegenden Falle, sondern bei jeder dauernden Benutzung von Hebzeugen die in Fig. 14 dargestellte Vorrichtung anzuwenden, die man eine **Kausche** nennt. Sie besteht aus einem Ringe von Eisenblech von 2 bis 3 Zoll Durchmesser, doch ist das Blech, bevor es zum Ringe gebogen wird, als flache Rinne ausgeschmiedet worden. In diese wird das Tau gelegt. Die Befestigung oder das Anknüpfen des Taues geschieht, wie Fig. 14 zeigt, durch einmaliges Umschlingen und durch einen halben Knoten oder einen einfachen Schlag. Nachdem das Tau umgelegt ist, klopft man die scharfe Windung bei *B* mit einem hölzernen Hammer möglichst fest, während man bei *A* das Tau hält, und zieht alsdann das kurze Ende herauf und bindet es mit einer dünnen Leine scharf gegen das längere. Diese Verbindung ist nicht nur vollkommen sicher, sondern auch so fest, dass die Kausche immer scharf eingeklemmt bleibt und daher keine Reibung am Tau erfolgt.

Zum **Drehen des Gestänges** bedient man sich eines Hebels, der doppelarmig sein muss, weil ein einarmiger das Gestänge verbiegen würde. Fig. 15 *a* und *b* auf Taf. II.

gen in der Ansicht von der Seite und von oben einen solchen Hebel, der aus Holz besteht; er wird auf das Gestänge von oben aufgesteckt, und die Oeffnung *A* ist so geräumig, dass er nicht nur über einzelne Glieder, sondern auch über die Verbindung von zweien geschoben werden kann. Damit das Holz nicht spaltet, sind zwei eiserne Ringe *B* aufgetrieben, und in dem einen derselben ist ein Einschnitt von der Grösse des Querschnittes des Gestänges angebracht, worin dieses beim Einstellen gelegt wird (Fig. 15 *b*). Ist letzteres geschehn, so schliesst man die Oeffnung *A* mit einem hölzernen Keile *C* und treibt denselben fest ein. Dieser Hebel ist von Garnier angegeben; er hat aber den Nachtheil, dass beim Auslösen desselben durch das Herausschlagen des Keiles das Gestänge erschüttert wird und dabei leicht das im Erdbohrer befindliche Material ins Bohrloch zurückfällt. In neuerer Zeit bedient man sich in Frankreich gewöhnlich des eisernen Hebels, den Fig. 16 zeigt. Derselbe ist nicht nur sehr bequem, sondern gewährt auch den Vortheil, dass gar keine losen Theile dabei vorkommen. Es trifft sich indessen zuweilen, dass man eine sehr grosse Kraft anzuwenden gezwungen ist, wobei die erwähnten kurzen Hebel nicht genügen; in diesem Falle muss man noch lange Hebel, wie Schraubenschlüssel geformt, in Bereitschaft halten. Ein solcher ist Fig. 17 dargestellt. Letztere werden auch zur Zusammensetzung des Gestänges benutzt, falls die Glieder durch Schrauben verbunden sind.

Wenn die Tiefe des Bohrloches sehr gross ist, so treten bei Anwendung des bisher beschriebenen fest verbundenen Gestänges wesentliche Schwierigkeiten ein, indem eines Theils die zu hebende Masse einen übermässigen Kraftaufwand erfordert, andern aber das Gestänge, indem es sich bei jedem Stosse plötzlich auf sein unteres Ende oder auf den Bohrer aufstellt, heftigen Erschütterungen und vielfachen Beschädigungen ausgesetzt wird. Dazu kommt endlich noch, dass der Stoss des Bohrers in Folge der Wirkung des schweren Gegengewichtes weniger rasch und kräftig ist, als wenn ein leichteres Gestänge ziemlich frei abfällt.

Man hat aus diesen Gründen lange Gestänge in vielen Fällen **aus je zwei Theilen zusammengesetzt**,

die zwar mit einander verbunden sind, so dass beim H
ziehn des obern, das untere sicher mit gehoben wird, die
innerhalb gewisser Grenzen sich unabhängig von einand
wegen können. Indem der obere Theil, der viel länge
der untere ist, auf diese Art vor Erschütterungen ge
wird, so ist es zulässig, demselben einen bedeutend geri
Querschnitt zu geben, als ein festes Gestänge erfordert
würde. Man hat indessen denselben Zweck auf andre
noch vollständiger zu erreichen versucht. Hierher gehö
nächst die Anwendung hölzerner Stangen oder Latten st
eisernen Glieder, die zwar bedeutend wohlfeiler, aber i
brauche auch viel weniger sicher sind. Man muss den
einen so grossen Querschnitt geben, dass sie an sich sch
als die eisernen Stangen bleiben, beim Eintauchen in V
verlieren sie aber den grössten Theil ihres Gewichtes.
hat in neuerer Zeit zu demselben Zwecke auch Röhren a
walztem Eisen angewendet, und dabei nicht nur eine ä
Verminderung des Gewichtes erreicht, sondern ausserden
die Vortheile des eisernen Gestänges beibehalten.

Ein solches Hohlgestänge ist namentlich in dem
brunnen zu Neusalzwerk bei Rehme seit einigen Jahren i
brauche.*) Als man daselbst die Tiefe von 2220 Fuss e
hatte, bestand der obere Theil des Gestänges, der 213(
lang war, aus Gliedern von 1 Quadratzoll Querschnitt.
laufende Fuss wog 4½ Pfund. Der untere 90 Fuss lang
hatte dagegen einen Querschnitt von 4 Quadratzoll. Zu
minderung dieses sehr grossen Gewichtes, welches mit B
sichtigung des Verlustes im Wasser noch nahe an 10000
betrug, wurde im October 1845 ein Hohlgestänge in Ge
genommen, das aus eisernen Röhren von 1¼ Zoll lichter
und 2 Linien Wandstärke bestand. Der laufende Fuss
ben wog nur 2¾ Pfund. Ihr Gewicht verminderte sich abe
sehr bedeutend, sobald sie in das Wasser tauchten. Es
sich, dass mit Einschluss der eingesetzten Kernstücke zu
bindung der einzelnen Röhren dennoch der laufende F
Wasser durchschnittlich nur 2,4 Pfund wog, und dadurc

---

*) Karsten's Archiv für Mineralogie etc. Band XXI. S. 1

Verminderung des ganzen Gewichtes von nahe 3000 Pfund herbeigeführt wurde. Um diesen Vortheil zu erreichen, war es aber nothwendig, das Gestänge wasserdicht zu machen, und zwar so vollständig, dass selbst bei dem Drucke von 70 Atmosphären, dem es zum Theil ausgesetzt wurde, die Fugen noch dicht blieben. Der Schluss konnte deshalb nicht durch Schrauben dargestellt werden, vielmehr musste jede Röhre an beiden Enden mittelst eingesetzter und angeschweisster Kernstücke geschlossen werden, welche mit Schrauben in gewöhnlicher Art verbunden wurden.

Der Erfinder dieses Hohlgestänges, von Oeynhausen, hatte schon früher und zwar gleichfalls in dem Bohrloche zu Neusalzwerk das Gestänge in zwei Theile zerlegt, um den grössten Theil desselben den Einwirkungen der Erschütterung zu entziehen.*) Beide Theile des Gestänges waren dabei durch ein Wechselstück mit einander verbunden, welches Fig. 42 auf Taf. III. darstellt. Fig. *a* zeigt die Seitenansicht desselben und *b* den Querschnitt nach der Linie *AA*. Der mit dem untern Gestänge verbundene Theil dieses Apparates, der beim Aufsetzen des Bohrers zurückgeschoben wird, ist in den Figuren durch die Schrafirung bezeichnet. Er hat zur Seite seines Kopfes zwei Arme, welche in die Schlitze der Büchse eingreifen, daher kann er sich von dieser nicht trennen, und wird darin auch immer ganz sicher geführt. Zu bemerken ist aber noch, dass man das Wechselstück etwa 100 Fuss über dem Bohrer anzubringen pflegt.

Um endlich den untern Theil des Gestänges, woran der Bohrer sich befindet, unabhängig vom obern herabfallen zu lassen, sind in neuerer Zeit manche Vorschläge gemacht, die zum Theil auch vortheilhafte Resultate gegeben, und namentlich wegen der schärferen Stösse die Wirksamkeit der Bohrer sehr verstärkt haben. Eine Vorrichtung dieser Art, welche mehrfach Anwendung gefunden hat, das Fallstück genannt, ist dem so eben beschriebenen Wechselstücke sehr ähnlich.**) Der Kopf des untern Theiles vom Gestänge ist nämlich mit 3 oder 4 kurzen

*) Karsten's Archiv für Mineralogie. Band XII.
**) Karsten's Archiv für Mineralogie. Band XXII. S. 206.

Seitenarmen versehn, welche in entsprechende Schlitz
Büchse eingreifen, und in derselben sich wieder frei au
abbewegen können. Diese Schlitze sind jedoch nicht i
ganzen Länge senkrecht eingeschnitten, vielmehr sind ihr
Enden gleichmässig nach einer Seite gewunden, wohe
Herablassen des obern Gestänges, dasselbe mit der da
festigten Hülse oder Büchse sich dreht, um über die erv
Arme etwas tiefer herabgleiten zu können. Diese Arme
dabei auf schmale vortretende Ränder zur Seite der S
und setzen sich darauf so sicher auf, dass sie auch w
der Hebung des Bohrers in dieser Stellung bleiben.
aber die Hebung beendigt ist, und das Gestänge wieder
ken beginnt, so dreht der Bohrmeister dieses plötzlich mi
Hebel. Der lose Theil im Fallstücke nimmt an dieser D
nicht sogleich Theil, und wird daher frei, worauf er
herabfällt. Auf diese Weise ist der Stoss des Bohrers
von dem Falle des untern Theiles des Gestänges ab
Man muss dafür sorgen, dass diese Fallhöhe wenigstens
beträgt. Es leuchtet ein, dass das Fallstück zugleich als
selstück dienen kann, und daher letzteres bei Einführu
ersteren entbehrlich wird.

§. 11.

Artesische Brunnen: Bohrer.

Die Einrichtung und Form der Bohrer ist nach d
schaffenheit des Bodens, worin sie benutzt werden, wes
verschieden, auch sind dieselben vielfach verändert word
dem man sie in einer oder der andern Beziehung brauc
zu machen versucht hat. Eine vollständige Aufzählung
verschiedenen Modificationen würde zu weit führen, hier
nur die Hauptformen und namentlich solche, die mit V
angewendet sind, beschrieben werden. Jeder Bohrer is
an einem Stiele befestigt, der mit demselben Kopfe verse
wie jedes andere Glied des Gestänges und sonach mit
Gliedern verbunden werden kann. Die Dimensionen der
sind in den meisten Fällen nach der beabsichtigten Wei

Bohrloches anzuordnen, und nur selten müssen sie innerhalb gewisser Grenzen bleiben. Wo dieses der Fall ist, soll es bei der Beschreibung erwähnt werden.

Für Bohrer, die in Erde, Lehm und Sand arbeiten, bildet die in Fig. 18 *a* und *b* dargestellte Form den Haupttypus. Dieselbe kommt freilich nur selten vor, doch muss sie zuerst erwähnt werden, weil die andern gewöhnlichen Formen aus ihr hergeleitet sind. Der vollständige cylindrische Mantel ist am Boden durch eine Fläche geschlossen, die sich spiralförmig, wie ein Schraubengang, um einen senkrechten Dorn windet; diese Bodenfläche entsteht, indem ein Halbmesser des Cylinders sich um die Axe dreht und dabei gleichmässig längs der Axe sich bewegt. In eine leicht trennbare, aber doch cohärirende Erde schneidet bei eintretender Drehung die Bodenfläche sich schraubenförmig ein, und sobald man den Bohrer hebt, wird die abgeschnittene Erdmasse vollständig unterstützt und getragen, so dass sie nicht herabfallen kann, sondern mit dem Bohrer gehoben wird. Man pflegt indessen diese Einrichtung nicht leicht zu wählen, weil eines Theils die Anfertigung einer solchen Zusammensetzung grosse Schwierigkeiten bietet, und sodann, weil die Reibung und das Ankleben einer zähen Erde auf der Bodenfläche den Gebrauch des Bohrers sehr erschwert. Dazu kommt noch die Unbequemlichkeit, den Inhalt herauszuschaffen, oder den Bohrer zu leeren. Nur bei reinem Sande verschwinden diese Uebelstände, doch fliesst der Sand, sobald er viel Wasser enthält, von selbst heraus und namentlich erfolgt dieses in der Nähe der Axe, wo die Windung am stärksten geneigt ist.

Die gewöhnlichste Form des **Erd- oder Brunnenbohrers**, die sich auch für einen lehmigen Grund vorzüglich eignet, ist Fig. 19 *a* und *b* in zwei Seitenansichten und Fig. 19 *c* im Grundrisse dargestellt. Die Cylinderfläche ist nicht ganz geschlossen, es fehlt vielmehr der zehnte bis der dritte Theil derselben und zwar kann das letzte bei einem sehr zähen Thone geschehn, während eine stärkere Sandbeimischung eine vollständigere Seitenumschliessung erfordert. Die Bodenfläche stellt noch einen Theil eines Schraubengewindes dar, doch fehlt der mittlere Theil desselben. Man pflegt an dem Boden eine etwas vortretende Zunge *D* anzubringen, welche zuweilen den Schrau-

bengang zu einer vollen Windung ergänzt, während der Cy-
dermantel die weite Spalte behält; diese Spalte ist aber z
Leeren des Bohrers nothwendig. John Good brachte bei dies
Instrumente noch die Aenderung an, dass er die Bodenflä
nicht anniethete, wie gewöhnlich geschieht, sondern sie vi
mehr durch Schrauben gegen die Cylinderfläche befestigte,
Fig. 20 zeigt, wodurch er den Vortheil erreichte, dass er
Zunge *D*, die beim Gebrauche am meisten leidet, sobald
nöthig ist, schärfen, auch wohl frisch verstählen konnte.

Die Befestigung des Bodens an die Cylinderfläche bi
indessen eine schwache Stelle im Bohrer, und man hat in ne
rer Zeit in Frankreich die Abänderung eingeführt, dass
durch Krümmung die eine Fläche in die andere über
lässt, ohngefähr in der Art, als wenn der Cylinder durch
Halbkugel geschlossen wäre, wobei indessen der Quadrant,
durch seine Drehung um die Axe die Halbkugel erzeugt,
dieser Drehung auch gleichmässig längs der Axe fortrückt.
sen Bohrer zeigt Fig. 21 in der Seitenansicht, und Fig.
im Grundrisse.

Bei einem sehr zähen Thonboden pflegt man das Bohr
nicht sogleich in der vollen Weite zu eröffnen, sondern
3 bis 4 Zoll weites Loch vorzubohren und dieses später zu
grössern. Zum Vorbohren dient der Fig. 22 *a*, *b* und *c*
gestellte Bohrer, der mit dem gewöhnlichen Löffelbohrer
Zimmerleute genau übereinstimmt und der wieder nichts an
ist, als der eben erwähnte abgerundete Erdbohrer (Fig.
Er hat den cylindrischen Mantel, die Bodenfläche und die
tretende Zunge *D*, und unterscheidet sich nur dadurch, das
nur zur Hälfte umschlossen ist.

Der zur Erweiterung dienende Bohrer muss unten in
Spitze auslaufen, damit er sich immer in die Axe des eng
Bohrloches einstellt, und insofern er von dem zähen Thone
dünne Schalen abschneidet, so haften dieselben an ihm, w
er auch noch bedeutend weniger, als den halben Cylinder
fasst. Fig. 23 *a*, *b* und *c* zeigt einen solchen. Zuweilen sch
det man von diesem Bohrer noch die Hinterfläche des Lö
aus, so dass nur ein Reif übrig bleibt, der nicht nur sch
det, sondern auch den abgeschnittenen Thon festhält. Um

Anhaften zu befördern, hat man diesem erwähnten Reifen zuweilen verschiedene Biegungen und scharfe Brüche oder Falten gegeben. Andrerseits aber hat man die Löffelform auch ganz verlassen und beide Schenkel des Reifen mit Schneiden versehn, so dass sie bei der Drehung des Bohrers gleichmässig zur Wirksamkeit kommen. Fig. 24 *a* und *b* zeigt diese Form.

Bei Ausführung von Bohrlöchern in einem festen Lehm- oder Thonboden wird es häufig nöthig, den Bohrer selbst um einige Zolle zu verbreiten. Um nämlich das Einstürzen der Wände in den abwechselnd vorkommenden losen Schichten zu verhindern, kann man die Futterröhre nicht entbehren; der innere Durchmesser derselben bestimmt die Breite des Bohrers, aber bei sehr zähem Klaiboden kann man eine lange Futterröhre nicht herabbringen, wenn das Bohrloch nicht ungefähr eben so weit ist, als diese Röhre im äussern Umfange. Der Bohrer muss sich also auf Dimensionen zurückbringen lassen, die geringer sind, als die, welche er dem Bohrloche giebt. Am einfachsten wird diese Aufgabe gelöst, wenn man statt Futterröhren viereckige Kasten anwendet, denn bei denselben kann man immer Erweiterungsbohrer gebrauchen, die wenig kleiner als die innere Diagonale des Kastens sind, und der Kreis, der damit beschrieben wird, enthält denselben, und oft noch einen grössern Querschnitt, als das Quadrat, welches den äussern Umfang des Kastens bildet. Beim Gebrauche von Röhren muss unter solchen Verhältnissen der Bohrer mit der Vorrichtung zur Erweiterung versehn sein, doch pflegt er in diesem Falle das gelöste Material nicht mehr zu heben, sondern es nur in das Bohrloch herabzustürzen, das sonach immer aufs Neue geräumt und aufgeführt werden muss. Eine hierher gehörige Vorrichtung, die Krebsscheere genannt, zeigt Fig. 25 *a* und *b* in zwei Seitenansichten und *c* im horizontalen Querschnitte. Die beiden Schenkel des oben erwähnten Reifen (Fig. 24) sind nämlich von einander getrennt und wie die beiden Füsse eines Tastercirkels durch ein Charnier befestigt. Zwei Federn drücken sie auseinander, während durch Anbringung zweier Bolzen *F* dafür gesorgt ist, dass sie nicht zu weit zurückschlagen, was bei der Form der Schneiden erfolgen müsste. Es ergiebt sich aus der Zeichnung, dass beim Zurückziehen dieses Bohrers die Schenkel

sich von selbst anlegen, und dass ihre Schneiden die Röhre nicht verletzen können. Mittelst dieser Vorrichtung kann man Bohrlöcher darstellen, die um 2 bis 3 Zoll weiter sind, als der innere Durchmesser der Futterröhre, und hierdurch allein wird es mög- möglich, einen Röhrenstrang weit herabzutreiben.

Fig. 26 *a*, *b* und *c* zeigt eine andere Vorrichtung, die zu demselben Zwecke dient. Zwei sichelförmig gebogene Arme drehen sich horizontal um zwei Axen, so dass sie entweder eingeschlagen werden können (Fig. *b*) oder weit vorstehn (Fig. *c*). In der ersten Stellung werden sie durch die Futterröhre herabgelassen, und indem das Gestänge auf den Boden des Bohrloches fest aufgestellt wird, so drücken sich die Spitzen dieser Arme, die besonders tief herabreichen, in den Boden ein. Dreht man alsdann das Gestänge vorwärts, so öffnen sich die Arme, wie Fig. *c* zeigt, und beim Zurückdrehen schliessen sie sich wieder, so dass man sie durch die engere Röhre hindurchziehn kann. Bei hölzernen Futterröhren von bedeutender Wandstärke thut dieses Instrument gute Dienste, es kann jedoch nur in dem Falle angewendet werden, wenn das Gestänge ein Rückwärtsdrehen erlaubt. Ausserdem tritt noch der Uebelstand hierbei ein, dass nicht ein allmähliges Eingreifen der Arme erfolgt, wie bei der in Fig. 25 dargestellten Vorrichtung, sondern dass die Arme plötzlich ausgespannt werden und alsdann einem starken Widerstand ausgesetzt sind.

Die sämmtlichen bisher erwähnten Bohrer finden in zäher Erde ihre Anwendung, zeigen sich aber in reinem **Sande** unbrauchbar, indem sie denselben nicht heben. Der Bohrer Fig. 1[illegible] allein macht hiervon eine Ausnahme, doch hebt er auch nur in dem Falle den Sand, wenn derselbe nur feucht, aber nicht nass ist. Gemeinhin füllt sich indessen das Bohrloch mit Wasser an, und sobald man den Bohrer herauszieht, so strömt das Wasser hindurch und spült dabei den Sand aus, so dass der Bohrer ganz leer zum Vorschein kommt. Aus diesem Grunde muss der Sand an einer Stelle im Bohrer aufgefangen werden, wo er vom durchströmenden Wasser nicht fortgespült werden kann. Dieses geschieht am häufigsten, indem eine cylindrische Röhre am Boden mit einem Ventile versehn wird. Man nennt diese Vorrichtung den **Löffel**, und sie gehört zu denen, die beim Brunnenbohren am meisten gebraucht werden. Das Ventil wird am vortheilhaf-

sten an einem eisernen abgedrehten Ringe angebracht, der von
ten in die Blechröhre gesteckt und mit Seitenschrauben befestigt
ird; auf diese Art ist man im Stande, so oft es nöthig ist, das
entil herauszunehmen und zu repariren. Gewöhnlich besteht es
us einem einfachen Klappenventile (Fig. 27), zuweilen aus einem
oppelten Ventile, bei dem jede Klappe einen Halbkreis umfasst
nd wo die Axen möglichst nahe an einander liegen (Fig. 28).
Häufig wird aber auch zum Schlusse der Oeffnung eine Kugel
ngewendet (Fig. 29), die so abgewogen ist, dass ihr specifisches
ewicht ungefähr das Doppelte von dem des zu hebenden Sandes
nd zwar mit Rücksicht auf die Beimischung von Wasser) be-
gt. Damit aber die Kugel nicht zu weit heraufgehoben werden
nn, wird sie durch einen Bügel in der Nähe des Ventils zu-
kgehalten. Der Gebrauch dieses Instrumentes ist der, dass
Röhre abwechselnd gehoben und gesenkt wird; sie setzt da-
ch das im Bohrloche befindliche Wasser in starke Bewegung
mit diesem zugleich den Sand am Boden des Bohrloches.
tzterer dringt mit dem Wasser beim Niederfallen der Röhre in
elbe ein, aber sobald die Röhre wieder gehoben wird, kann
egen des geschlossenen Ventils nicht entweichen. Beim näch-
Niederfallen tritt eine neue Quantität Sand hinzu und so
sich nach und nach die Röhre. Nach 20 bis 30 Stössen
man sie heraus und mit ihr den hineingedrungenen Sand.
besondere Vorrichtung zum Auflockern des Sandes ist nicht
derlich, man kann vielmehr allein durch diese Röhre die Ver-
ng des Bohrloches bewirken, damit man aber wirklich auf
ertiefung hinwirkt und nicht etwa den Sand von den Seiten
so muss man recht häufig die Futterröhre nachtreiben und
sorgen, dass diese immer dem Bohrer vorangeht. Degousée
an, dass er mit solchem Apparate aus einer Tiefe von 100
r täglich noch über einen Cubikmeter ($32\frac{1}{4}$ Cubikfuss) leicht-
igen Sand gehoben hat.

Zur Hervorbringung eines bessern Schlusses hat man der
e zuweilen zwei Ventile, nämlich eines oben und eines unten,
ben, und in England ist dieses Instrument noch in der Art
ndert, dass es eine vollständige Saugepumpe wurde, wie Fig. 30
. Das Bohrgestänge ist darin zugleich Kolbenstange, und
das Rohr sicher herablassen und heben zu können und um

zugleich die Höhe des Zuges auf gewisse Grenzen zu beschränken, so sind zwei Bundringe *E* an der Kolbenstange befestigt, und zwischen beiden wird letztere durch einen Steg *F* umfasst, der sie zugleich in der Axe des Rohrs erhält. Bewegt man das Gestänge auf und ab, so dringt das Wasser mit Sand vermengt von unten ein, sobald aber der Sand zur Ruhe kommt, wird oben aus dem Rohre vorzugsweise nur Wasser ausfliessen und der Sand füllt nach und nach die Pumpe an, worauf man sie heraushebt und ausschüttet.

Endlich muss noch erwähnt werden, dass man zuweilen diese Röhre, wenn sie unmittelbar an das Gestänge befestigt ist, unter dem Ventile noch mit schraubenförmig gewundenem Boden und einer vorstehenden Zunge versieht. In diesem Falle muss sie gedreht werden, wie der Erdbohrer, und sie wirkt genau in gleicher Art wie dieser; das Aufsteigen des Sandes wird freilich durch das Ventil merklich erschwert, dagegen schliesst sich dasselbe auch, sobald der Bohrer nicht weiter in den Boden eindringt, und sein Inhalt wird beim Ausheben nicht fortgespült.

Eine andere Vorrichtung zum Heben des reinen Sandes zeigt Fig. 31. Sie besteht in einem conischen Eimer, der unten mit einem Schraubengange versehn ist, damit er beim Drehn von selbst in den Boden eindringt. Dieser Schraubengang ist zuweilen, wie hier dargestellt, mit keiner Spindel verbunden und wie ein Korkzieher geformt, zuweilen aber bringt man ihn auch am Umfange des Eimers an. Bei der erwähnten Drehung erfolgt eine starke Auflockerung des Sandes, namentlich wenn das Bohrloch schon mit Wasser gefüllt ist, und hierdurch wird es möglich, den Eimer in seiner ganzen Höhe in den Sand zu versenken. Ist dieses geschehn, so stürzt der Sand von oben hinein und füllt den Eimer. Der Gebrauch dieses Instrumentes ist für das Gestänge ziemlich angreifend, indem der Widerstand, den der Sand leistet, sehr stark ist, und man muss jedenfalls durch wiederholtes Heben des Bohrers möglichst auf die Auflockerung des Sandes hinzuwirken suchen.

Bei der Bohrung eines Brunnens zu Calais versagten in dem flüssigen Sande, wie Garnier erzählt, die sonst üblichen Werkzeuge bei einer Tiefe von 70 Fuss, es glückte aber mit dem Taf. III. Fig. 32 *a* im Durchschnitte und *b* im Grundrisse dar-

gestellten Apparate die Vertiefung viel weiter zu treiben. Dieses Instrument ist jedoch nur bei Benutzung von vierseitigen Kasten, nicht aber bei cylindrischen Futterröhren anzuwenden, indem der äussere Theil desselben an der Drehung des mittleren nicht Theil nehmen darf. Das Gestänge geht in die Spindel einer flachen Schraube über und diese allein wird in drehende Bewegung versetzt, während sie sich in einer cylindrischen Röhre ohne Boden befindet. Diese Röhre bildet die innere Wand eines vierseitigen Eimers, der in der Ausfütterung des Bohrloches auf dem Boden desselben aufsteht. Dreht man das Gestänge vorwärts, so dringt die Schraube mit Leichtigkeit in den Sand ein, und zwar so lange, bis der obere Bundring der Spindel gegen die Kreuzbügel des Eimers stösst. Sobald dieses geschieht, wird das Drehen des Gestänges sehr schwer, und man hebt dasselbe zugleich mit der Schraube auf, bis der untere Bundring wieder den Bügel trifft. Der auf dem Schraubengewinde liegende Sand kann dabei wegen der Nähe der Röhre nicht sogleich herabfallen, sobald er aber über die Röhre gehoben ist, so stürzt er in den Eimer. Man lässt aufs Neue das Gestänge herab, dreht es und wiederholt diese Operation etwa 12 Mal, worauf man das Gestänge und mit demselben zugleich den am untern Bundringe hängenden Eimer heraushebt. Letzterer kann für die in der Zeichnung angenommenen Dimensionen mehr als einen Cubikfuss fassen.

Zur Ausführung von Bohrlöchern in **Felsboden** müssen Apparate angewendet werden, die von den beschriebenen wesentlich verschieden sind. Weicher Kalkstein lässt sich mit dem Bohrer Fig. 22 durchschneiden, und die Erweiterung des Loches erfolgt mit dem Trepanierbohrer Fig. 33 *a* und *b*; bei festeren Gesteinen hört aber das eigentliche Bohren oder das Drehen des Gestänges auf, und man kann nur durch wiederholtes Aufstossen scharfer und gut verstählter Meissel das Bohrloch darstellen. Das ganze Gestänge muss hierbei durch besondere Vorrichtungen, die später beschrieben werden sollen, immer aufs Neue gehoben werden, damit es beim Herabfallen den Stoss ausübt. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Gliedern werden dabei stark angegriffen, und man hat besonders darauf zu achten, dass grosse Flächen einander berühren; alle gabelförmigen Verbindungen werden daher in diesem Falle bedenklich. Die Meissel oder die Stein-

bohrer dürfen nicht in feine Schneiden ausgehn, sonde
letzten Flächen, deren Durchschnitt die eigentliche Schneide
müssen sich unter Winkeln von 45 Graden treffen. Die Abn
und das Stumpfwerden der Schneiden erfolgt besonders
wenn das angegriffene Gestein trocken ist, man muss dah
bald sich im Bohrloche nicht von selbst Wasser ansammel
ches häufig zugiessen. Die Enden der Schneiden an den M
sind vorzugsweise einer starken Abnutzung ausgesetzt, und
ist der Grund, weshalb bei Anwendung desselben Bohr
Bohrloch nach unten enger zu werden pflegt. Um dieses
meiden, müssen die Meissel bei jeder Instandsetzung au
ursprüngliche Breite wieder ausgeschmiedet werden. Dan
Loch gehörig rund wird, muss in den meisten Fällen au
eine regelmässige geringe Drehung des Gestänges Bedac
nommen werden, welche durch einen Arbeiter leicht bewirkt
kann, der mit einem Hebel das Gestänge dreht. Das gelös
terial kann durch die Steinbohrer selbst nicht gehoben wer
sammelt sich daher als feiner Sand oder auch als dick
zäher Schlamm im Bohrloche an, wodurch nach und na
Wirkung des Bohrers verhindert wird. Zur Entfernung de
dienen die oben beschriebenen Instrumente und besonde
Löffel Fig. 27, 28 und 29.

Fig. 34 zeigt den Meisselbohrer oder einen ein
digen Meissel. Dieses Instrument wird am häufigsten b
Man pflegt demselben nicht eine gerade, sondern eine etwa
vexe Schneide zu geben, damit es sich um so sicherer
Axe des Bohrloches hält. Bei einer Breite von mehr al
oder vier Zollen wirkt es nicht mehr mit Vortheil, daher di
bei weiteren Bohrlöchern nur zum Vorbohren, man hat e
in England und in Frankreich sehr bequem gefunden, de
weiterungsbohrer gleich mit dem ersten Bohrer zu verbinde
Fig. 35 zeigt. Neben dem engeren Bohrloche ist die Co
des Gesteines schon einigermaassen aufgehoben, und die
welche eben die Erweiterung bewirken, arbeiten daher um
leichter. Die Verbindung beider Operationen, nämlich des
bohrens und des Erweiterns, gewährt aber noch den Vortheil
sehr genauen Centrirens beider Bohrlöcher.

Der Kreuzbohrer, den Fig. 36 *a* in der Ansicht v

Seite und *b* von unten zeigt, besteht aus zwei sich kreuzenden Meisselbohrern. Bei Anwendung des festen Gestänges, wo der Bohrer regelmässig umgesetzt oder gedreht wird, hat er vor dem einfachen Meisselbohrer keinen wesentlichen Vorzug, und seine Anfertigung, sowie auch das Schärfen ist um Vieles schwieriger. Noch mehr ist dieses bei dem **Kronenbohrer** Fig. 37 *a* und *b* der Fall, der aus 6 sich kreuzenden Schneiden besteht. Indem dieser Bohrer beinahe den ganzen Querschnitt des Bohrloches füllt, so würde das darin enthaltene Wasser nur mit Mühe ausweichen können und sonach den Stoss ganz aufheben. Um dieses zu verhindern sind vier Löcher in dem Bohrer angebracht.

Fig. 38 *a*, *b* und *c* stellt einen Kronenbohrer mit beweglichen Schneiden dar, und zwar *a* in der Seitenansicht, *b* im Durchschnitte und *c* in der Ansicht von unten. Er hat den Vorzug, dass die einzelnen Meissel leichter in der gehörigen Form dargestellt und geschärft werden können, wogegen die Verbindung derselben jedenfalls weniger sicher ist. Jeder Meissel ist, wie Fig. *b* zeigt, oben mit einem Zapfen versehn, welcher in ein Zapfenloch der Bohrspindel passt; unten lehnen die Meissel sich so gegen einander, dass ein Verschieben möglichst verhindert wird, und ein starker eiserner Ring, der scharf aufgetrieben und durch ein Splint gehalten wird, giebt der ganzen Verbindung Festigkeit. Diese Einrichtung ist bei Anwendung der Methode des Seilbohrens in Saarlouis und in der Umgegend benutzt worden.*)

Fig. 39 *a* und *b* zeigt eine ähnliche Zusammenstellung, die in Frankreich vorkommt. Auf die Bohrspindel, die unten in einen Meisselbohrer zum Vorbohren ausläuft, ist eine starke gusseiserne Scheibe aufgesteckt und in dieser sind am Umfange mittels Zapfen und Splinten die verschiedenen Meissel befestigt. Nach der Zeichnung sind die letzteren nicht nur in der Richtung des Radius aufgestellt, sondern abwechselnd stehen sie auch in der Richtung der Peripherie, wodurch sie besonders auf das Entfernen der einzelnen vorstehenden Felsenecken hinwirken. Man kann indessen auch in allen Zapfenlöchern Schneiden nach der letzten Richtung aufstellen, und zwar so, dass sie sich beinahe berühren, was be-

*) Die Bohrmethode der Chinesen, oder das Seilbohren, von Frommann. Coblenz 1835.

sonders bei Anwendung der Methode des Seilbohrens zum Aufräumen und Abrunden der Bohrlöcher nöthig ist. Es darf kaum erwähnt werden, dass mittelst der in Fig. 38 dargestellten Verbindung sich gleichfalls ein Kranz von Schneiden in der letzten Art befestigen lässt, wie dieses bei Saarlouis auch geschehn ist.

Fig. 41 zeigt in perspectivischer Ansicht eine kreisförmige Schneide, oder eine sogenannte Büchse, welche zum Ebenen und Ausrunden von engen Bohrlöchern dient. Die Bohrspindel, woran der stählerne Ring aufgeschroben ist, muss mit einigen Oeffnungen versehn sein, damit das Wasser mit Leichtigkeit ausweichen kann. Hat die Schneide dagegen die in Fig. 40 dargestellte Form, in welchem Falle man sie einen S-Bohrer zu nennen pflegt, so bohrt sie nicht nur, sondern sie rundet auch zugleich die Wände ab, und diese Einrichtung wird bei engeren Bohrlöchern für besonders bequem und brauchbar gehalten.

Zuweilen kann man auch im Felsenboden die Futterröhren nicht entbehren, namentlich, wenn das Gestein stark abbröckelt und das Bohrloch immer von Neuem verschüttet. Wenn dieses geschieht, so muss das Bohrloch in einer Weite ausgeführt werden, welche den äussern Durchmesser der Futterröhre übertrifft. Der Bohrer, der durch die Futterröhre eingesetzt wird, muss sich also wieder ausbreiten, sobald er aus der Röhre tritt, und dazu dient eine Vorrichtung, welche der in Fig. 25 dargestellten sehr ähnlich ist und sich nur insofern davon unterscheidet, als die beiden Schenkel, die durch Federn seitwärts herausgedrängt werden, in Schneiden auslaufen und wie Meissel wirken; damit sie aber dem Stosse widerstehn, müssen sie oben gehörig abgerundet sein und in einer genau entsprechenden Pfanne aufstehn, wodurch die Beschädigung des Bolzens, der die eigentliche Drehungsaxe bildet, vermieden wird. In Frankreich hat man diesen Bohrer mit dem einfachen Meissel zum Vorbohren verbunden.

Bei den Bohrarbeiten ereignen sich zuweilen Brüche im Gestänge oder in den Bohrern selbst, oder es stürzen durch Unvorsichtigkeit Theile des Apparats in das Bohrloch herab, und oft geschieht es auch, dass einzelne Steine aus den Seitenwänden gelöst werden. Jedesmal müssen diese Gegenstände zuerst entfernt werden, bevor man die Arbeit fortsetzen kann. Hierzu dienen die Fange-Instrumente. Der Gebrauch derselben besteht

inem sehr unsichern und oft lange Zeit hindurch fortgesetz-
Probiren, bevor es gelingt, den gesuchten Gegenstand sicher
assen und heraufzuziehn, und nicht selten muss man sich
nügen, ihn so weit seitwärts zu drängen und ihn nöthigen-
auch noch zu zerschlagen oder zummenzudrücken, dass er
Fortsetzung der Arbeit nicht weiter behindert. Jedenfalls
s man mit der Ermittelung der Tiefe, wo der obere Theil
zu entfernenden Körpers steckt, den Anfang machen, und
r muss dieselbe bis auf einzelne Zolle genau ausgeführt
rden. Alsdann befestigt man scharfe Visitireisen oder schmale
issel an das Gestänge und untersucht, ob neben dem frag-
hen Körper hinreichender Raum vorhanden ist, um das Fange-
strument eingreifen zu lassen, und wenn dieser Raum nicht
rhanden ist, so muss er zuerst durch Erweiterung des Bohr-
ches an dieser Stelle dargestellt werden. Der grösste Uebel-
nd ist, dass bei eintretendem Stangenbruche auch meist eine
rbiegung der Stange neben dem Bruche erfolgt, und alsdann
ngt sich häufig das abgebrochene Ende so stark seitwärts
d wird so fest in dieser Stellung gehalten, dass die wirksam-
n Fange-Instrumente es nicht fassen können. In diesem
lle sucht man es mit dem noch näher zu beschreibenden Ha-
n Fig. 44 in die Mitte des Bohrloches zurückzubringen, und
ährend es gefasst bleibt, füllt man das Bohrloch bis zu dieser
öhe mit Thon an; nach einiger Zeit ist letzterer so fest ge-
rden, dass das Gestänge auch nach der Entfernung des Ha-
ns noch ungefähr in seiner Stelle bleibt. In Bezug auf die
nge-Instrumente muss im Allgemeinen bemerkt werden, dass
n sie bei einer beginnenden Bohrarbeit keineswegs sogleich
fertigen lässt, weil man der Gefahr ausgesetzt bleibt, das-
nige doch nicht zu haben, welches vielleicht vorkommenden
lls das passendste wäre. Es ist also zweckmässiger, die
ehrzahl derselben nur anfertigen zu lassen, wenn man sie
braucht.

Der einfachste Fall tritt ein, wenn die Verbindung zwischen
wei Gliedern des Gestänges gelöst ist und es nur darauf an-
kommt, einen Bundring zu fassen. Hierzu dient vorzugsweise
der Doppelhaken Fig. 43, in welchen man die Stange unter
dem Bunde einzubringen sucht. Man hat dabei manche Aende-

rungen eingeführt, und zuweilen die Arme nach unten zu er-
weitert und ihnen einige Federung gegeben, so dass sie beim
Aufstossen sich etwas öffnen und den Bundring zwischen sich
durchlassen, während sie beim Heben geschlossen bleiben. Diese
Anordnung dürfte indessen nur in dem Falle vortheilhaft sein,
wenn das Gestänge willig folgt und keine grosse Kraft ange-
wendet werden darf, weil sonst die Arme nicht fest genug wären.
Demnächst hat man auch Zangen angewendet, die ähnlich den
in der Folge zu beschreibenden Teufelsklauen, beim Fassen
eines schweren Körpers sich von selbst schliessen, und zwar
hat man ihnen theils zwei und theils vier Arme gegeben; ebenso
sind auch Zangen benutzt, die durch besondere Leinen geöffnet
oder geschlossen werden. Ich übergehe indessen die Beschrei-
bung dieser Apparate, die, von den Dimensionen abgesehn, mit
den Teufelsklauen genau genug übereinstimmen und die beim
Brunnenbohren nur selten benutzt sind.

Der spiralförmig gewundene Haken Fig. 44 *a* und *b* i
dagegen von anerkanntem Nutzen selbst in dem Falle, wenn
einen Theil des Gestänges fassen soll, von welchem der Bun
ring abgebrochen ist. Man lässt den Haken so weit her
dass er einige Zolle unter dem obern Ende der Stange si
befindet und dreht ihn alsdann vor. Die Spitze des Armes u
fasst die Stange und schiebt sie so weit, dass bei ihrem qu
dratischen Querschnitte der Haken sich nicht mehr um sie dreh
kann. Wenn darauf die Drehung noch weiter fortgesetzt wi
so dringt die Stange weiter in den Haken, bis sie zuletzt
der stets abnehmenden Weite der Oeffnung fest eingeklemmt
Um das Eingreifen sicherer zu machen, ist der Haken aus St
geschmiedet und mässig gehärtet, und überdies ist der Qu
schnitt seines Armes nicht quadratisch, sondern es tritt vielm
an der innern Fläche die obere Kante merklich vor. Sob
daher bei der fortgesetzten Drehung des Hakens die Stange si
fest gegen den Arm lehnt, so schneidet diese Kante ein, u
dadurch wird die Stange so fest gehalten, dass man das ga
Gestänge zu heben im Stande ist.

Der Fig. 45 dargestellte Apparat, oder der Krätzer wi
in gleicher Art wie der eben beschriebene Haken, und ist
falls mit einer harten und schneidenden Kante versehn.

giebt dem Krätzer zuweilen statt des einen gewundenen Armes deren zwei, und in diesem Falle gleicht er seiner Gestalt nach sehr genau dem Krätzer, dessen man sich zum Herausnehmen der Ladungen aus den Flinten bedient. Im Allgemeinen fasst der Krätzer leichter das Gestänge, als der spiralförmige Haken, dagegen hält dieser es sicherer, weil der Arm nicht so leicht ausweichen kann.

Die beschriebenen Apparate fassen nur dadurch das Gestänge, dass sie an einem, oder doch nur an sehr wenigen Punkten in die Kanten desselben einschneiden. Wenn daher das Gestänge fest eingeklemmt ist, so gelingt es nicht mehr, es damit herauszureissen. Fig. 46 zeigt den Durchschnitt eines Instrumentes, welches ähnlich einer Kluppe ein Schraubengewinde am Kopfe der Stange einschneiden soll; es hat zuweilen gute Dienste geleistet, man darf sich indessen nicht zu viel davon versprechen, indem es keine scharfe Schneide hat und daher nicht sowohl Schraubengänge ausschneidet, als vielmehr solche nur flach in die Kanten eindrückt. Um das obere Ende der Stange sicher zu fassen, pflegt man der untern Glocke eine Weite zu geben, die dem ganzen Querschnitte des Bohrloches nahe gleich kommt.

In neuerer Zeit hat man in England den Fig. 47 dargestellten Apparat zum Fassen des Gestänges sehr brauchbar und sicher gefunden. In der hohlen Büchse, die den Kopf der Stange fassen muss, befindet sich ein kurzer Arm, der um eine horizontale Axe sich auf und ab bewegt, jedoch verhindert wird, eine horizontale, oder wohl eine abwärts geneigte Stellung einzunehmen. Dieser Arm besteht aus gehärtetem Stahle und ist vorn mit scharfen Kanten und scharfen Hauschlägen versehn. Er lehnt sich seitwärts gegen eine Pfanne, wodurch bei seiner Spannung der Druck von der Axe auf die starke eiserne Büchse übertragen wird. Sobald der Arm die niedrigste Stelle eingenommen hat und er dadurch die Oeffnung der Röhre am meisten verengt, so muss der noch übrigbleibende Zwischenraum etwas geringer als die Stärke der zu fassenden Stange sein. Der Gebrauch des Instrumentes ist der, dass man den Kopf der Stange in die Röhre hineinzubringen sucht, der erwähnte Arm hebt sich dabei etwas, so dass er das Eintreten der Stange

nicht hindert, sobald die Büchse aber wieder gehoben wird, so klemmt er sich gegen die Stange, und häufig bringt man noch noch eine starke Feder an, die ihn herabdrückt. Er greift mit der untern scharfen Kante und mit den Hauschlägen in die Stange ein, und je grösser die Kraft ist, womit die Büchse aufgezogen wird, um so tiefer dringt er ein und um so fester hält er sich. Die Wirksamkeit des Instrumentes hängt von der genauen und guten Ausführung ab, damit kein Theil nachgiebt und der Arm in der gehörigen Entfernung von der gegenüberliegenden Wand absteht. Wenn das Bohrloch weit genug ist, so erweitert man auch wohl die Büchse und bringt zwei gegenüberstehende Arme an, die sich gegenseitig stemmen; man erreicht dadurch den Vortheil, dass die Last in die Axe des Gestänges gebracht wird, aber es wird alsdann nöthig, die beiden Arme möglichst gleichmässig zum Angriffe zu bringen, denn wenn einer von beiden gleich Anfangs die Stellung eingenommen hätte, die der horizontalen am nächsten wäre, so möchte bei Anwendung einer grossen Kraft der Bruch desselben leicht erfolgen, weil die Stange an seinem rauhen und harten Kopfe nicht gleiten kann. Eben diese Vorrichtung pflegt man auch anzuwenden, wenn das Gestänge sich sehr fest geklemmt hat, ohne gebrochen zu sein und man es mit dem sonstigen Hebezeuge nicht lösen kann. Ein starker eiserner Schuh, auf dem die beiden erwähnten Arme ruhen, ist über dem Bohrloche an den kurzen Arm eines sehr langen und starken Hebels befestigt; durch Auf- und Abbewegen des letzteren kann man, so lange die Klemmung dauert, das Gestänge sicher fassen und mit grosser Kraft heraufziehen.

Mit dem eben beschriebenen Fange-Instrumente stimmt wesentlich das Fig. 48 im Durchschnitte dargestellte überein, dessen man sich in Frankreich zu bedienen pflegt. An der viereckigen eisernen Stange, welche sich an das Gestänge anschliesst, sind zwei Platten mittelst Schrauben befestigt, von denen man hier aber nur die hintere sieht, indem die vordere abgenommen gedacht ist. An denselben sind zwei gezahnte, excentrische stählerne Rädchen angebracht, die hier die Stelle der obigen stählernen Arme versehn, und auch diese sind nicht nur durch Bolzen in der Axe befestigt, sondern sie lehnen sich noch [illegible] wärts gegen zwei eiserne Keile, die theils eine solide V

dung der beiden Platten bilden, theils auch das obere Ende des abgebrochenen Gestänges sicher fassen. Damit aber die Rädchen in die eintretende Stange eingreifen, so werden sie noch durch zwei Stahlfedern mit ihrem obern Theile angedrückt.

Dieses sind die gewöhnlichsten Fange-Instrumente, deren man sich zum Fassen des Gestänges und der Bohrer bedient. Sind kleinere Theile, etwa kurze Bolzen, Schraubenmuttern und dergl. herabgefallen, so gelingt es in der Regel, sie mit dem Erdbohrer Fig. 19 und 21 herauszuschaffen. Auch der Krätzer Fig. 45 hebt, besonders wenn er mit zwei Armen versehn ist, leichte und passend geformte Gegenstände sehr sicher; mit demselben gelingt es gewöhnlich auch, einzelne Steine, die in das Bohrloch herabgefallen sind, zu fassen. Zu dem letzten Zwecke wendet man auch den Fig. 49 dargestellten Apparat an, der in Federn besteht, die mit Widerhaken versehn sind; stösst man ihn über den Stein, der gehoben werden soll, so werden die Federn etwas auseinander gebogen und legen sich an den gefassten Gegenstand an, während die Haken das Auslösen desselben verhindern.

Endlich muss hier noch erwähnt werden, dass, wenn die herabgestürzten Theile des Gestänges, oder Stücke von eisernen Futterröhren, oder sonstige Apparate sich im Bohrloche so fest geklemmt haben, dass alle erwähnten Fange-Instrumente sie weder fassen noch heben können; dass alsdann noch das Mittel bleibt, durch passend geformte grosse Feilen, die am besten eine birnförmige Gestalt erhalten und welche am Gestänge befestigt werden, das Eisen zu zerfeilen und dadurch das Hinderniss zu entfernen.

§. 12.

Artesische Brunnen: Futterröhren.

Ein aufgeschwemmter Boden, besonders wenn er sandig und [illegible] ist, stürzt beim Abbohren eines cylindrischen Loches sehr [illegible]ch, und dieses geschieht auch bei einem Felsboden, der [illegible]m leicht abbröckelnden Gesteine besteht. In beiden Fällen [illegible]an daher die Verschüttung des Bohrloches und das Ein[illegible] der Wände durch eine Einfassung der letztern zu ver-

hüten suchen. Diese Einfassung, welche demnach den Zwe hat, während des Bohrens das angefangene Bohrloch gegen Ve stürzung zu sichern, kann unter den angedeuteten Verhältnisse nicht entbehrt werden, und nur in festem Felsboden ist sie über flüssig, während man sie in zähem Klaiboden auch zuweile fortlässt, da dieser einige Zeit hindurch in senkrechten Wände steht; im letzten Falle muss man aber die sichere Aussicht haben die gesuchten Quellen bald zu erreichen und folglich die Steig röhren früher einsetzen zu können, ehe der Thon einstürzt.

In demselben Maasse, wie die Tiefe des Bohrloches zunimm muss auch die *Futterröhre*, die man auch *Bohrröhre* od *Bohrteucher* nennt, weiter nachgetrieben werden, so lang ihre Anwendung überhaupt nothwendig ist; sie muss daher d Einrichtung haben, dass sie verlängert werden kann. Das He abtreiben geschieht entweder mittelst einer Ramme oder dur todten Druck. In beiden Fällen wird die Röhre stark ang griffen und sie muss daher in allen Theilen hinreichende Festig keit besitzen. Die möglichste Schonung der Futterröhre und d Beseitigung der Hindernisse, welche ihrem weiteren Eindringe entgegentreten, ist eine der wichtigsten Rücksichten, die bei Bohren der Artesischen Brunnen überhaupt zu nehmen sind. De Widerstand, den der umgebende Boden ausübt, lässt sich abe einigermassen dadurch vermindern, dass man aus dem Bohrloch die Erde nicht seitwärts drängt, wie dieses geschehn würde wenn die Futterröhre wie ein Pfahl zugespitzt wäre, sonder dass man im Gegentheile die Erde von den Seiten nach de Mitte des Bohrloches zu schieben sucht, von wo man sie mit telst der Bohrer ausheben kann. Aus diesem Grunde erhält da untere Ende oder der Schuh der Futterröhre eine nach ausse vortretende Schneide, die gewöhnlich noch einen halben Zo vor der Fläche der äussern Wand vorspringt. Nichts dest weniger wird das Herabtreiben der Futterröhre mit der zuneh menden Länge immer schwieriger und es tritt zuletzt ein Zeit punkt ein, wo dasselbe entweder unmöglich wird, oder doc wenigstens mit Gefahr für die Röhre verbunden ist. Wenn unte diesen Umständen die Einfassung des Bohrloches auch weiterhi noch nothwendig ist, so muss man eine neue Futterröhre, di gleich Anfangs die ganze Länge der ersten hat und sich mi

nigem Spielraume in derselben bewegt, hineinstellen. Diese
leidet in dem Theile, wo sie von der ersten umgeben wird,
eine merkliche Reibung und lässt sich daher unter gleichen
rhältnissen fast zur doppelten Tiefe der ersten herabtreiben;
enso kann man eine dritte Röhre einsetzen u. s. w. Es giebt
lle, dass man bis fünf derselben anzubringen gezwungen war.
eraus ergiebt sich, dass man gleich Anfangs passende Dimen-
nen für die Futterröhre wählen und in zweifelhaften Fällen
lche lieber zu gross als zu klein annehmen muss, damit die
tzten nicht zu enge ausfallen.

Eine **hölzerne ausgebohrte Röhre** dient in vielen
d vielleicht in den meisten Fällen als Einfassung des Bohr-
ches. Es fehlt einer solchen keineswegs an Festigkeit, da-
gen bedarf sie einer grossen Wandstärke, woher einerseits
s Bohrloch bedeutend erweitert werden muss und andererseits
ieder das Einschieben einer zweiten ähnlichen Röhre in die
ste nicht leicht möglich ist. Dazu kommt noch, dass die An-
ingung von Verlängerungen auch unsicher bleibt. Hiernach
schränkt sich die Anwendung der hölzernen cylindrischen Ein-
ssungen auf die Fälle, wo die Einfassung des Bohrloches
berhaupt nur auf eine geringe Tiefe erforderlich ist. Zuweilen
at man die Bohrarbeit in einer solchen begonnen und später
Röhren aus Eisenblech hindurchgeschoben, wie dieses z. B. bei
er Bohrung in Artern geschehn ist. Dabei wird der Vortheil
rreicht, dass man einer hölzernen Röhre wegen ihrer grossen
Steifigkeit eine sehr sichere und genaue Aufstellung geben kann,
was beim Beginnen der Arbeit von besonderer Wichtigkeit ist.
Fig. 50, *a* und *b* zeigt den Durchschnitt einer hölzernen Futter-
öhre; sie ist nach Fig. *b* unten mit einem eisernen Schuh ver-
ehn, der nach aussen vortritt, und der mittelst vier Federn,
lie in die Röhre eingelassen sind, an selbige befestigt wird.
An der innern Seite ist an den Schuh eine kurze Röhre von
Eisenblech angenietet, welche dieselbe Weite wie die hölzerne
Futterröhre hat und zur Schonung der letztern dient. Der Boh-
er spielt nämlich, so lange die Röhre nachgetrieben wird, im-
ner in ihrem untern Theile, und es würde daher hier eine starke
Abnutzung und eine sehr schnelle Schwächung eintreten, wenn
nan die Ausfütterung mit Eisenblech unterlassen wollte. Fig. *a*

zeigt dagegen eine passende Zusammensetzung zweier
stücke. Jedes derselben ist am Ende mit einem fest a
benen Ringe versehn, damit es unter den Schlägen des
klotzes nicht spaltet oder in den Holzfasern aufgelock
diese Ringe sind aber so aufgebracht, dass sie vor der
Wandfläche nicht vorstehn und daher das tiefere Ei
auch nicht erschweren. Zuweilen verbindet man die T
Röhre durch Zapfen, wie solche bei den Röhren der
leitungen üblich sind, doch wird dadurch die Röhre so ges
dass sie den Schlägen der Ramme nicht sicher widerst
es ist daher vortheilhafter, die Enden nur stumpf auf
zu stellen und durch eine eingeschobene Röhre von
Eisenblech mit einander zu verbinden. Man kann diese
Röhre, welche etwa nur 9 Zoll hoch ist, sobald die V
rung nöthig wird, durch Nägel mit versenkten Köpfe
untere befestigen, worauf keine weitere Befestigung d
Röhre erforderlich ist. Sowohl die letzterwähnten Verb
röhren, als auch jene eiserne Röhre über dem Schuhe
sehr sorgfältig in die hölzernen Röhren eingelassen sei
nirgend die lichte Weite der Bohrröhre verengt oder ve
wird. Noch weniger dürfen sich vortretende Ränder
welche vom Gestänge oder von den Bohrern gefasst
könnten, wodurch die ganze Zusammenstellung wesentlic
oder wohl gar die Röhre gestopft würde. Die Wandstä
man den hölzernen Futterröhren giebt, beträgt im All
etwa die Hälfte ihrer lichten Weite. Sie bestehn ge
nur aus Fichtenholz, doch gewähren die harten Holza
grössere Sicherheit, woher man nicht selten auch Eichenh
anwendet. Um eine sorgfältigere Bearbeitung zu erziele
zuweilen das Loch nicht ausgebohrt, sondern der St
Länge nach durchschnitten, und in jeder Hälfte eine Ri
Querschnitte des halben Kreises ausgehobelt, worauf du
bänder beide Stücke verbunden werden.

Zum Eintreiben dieser Röhren bedient man sich
wöhnlichen Rammen, doch muss man, um den Beschä
durch das unmittelbare Aufschlagen des Rammklotzes zu
nen, sich eines Knechtes oder Aufsetzers bedienen, der m
Zapfen in die Röhre greift und dessen Kopf durch ein

[illegible]en eisernen Ring vor dem Aufspalten [illegible]
[illegible] Röhren zugleich als Steigeröhren für [illegible]
[illegible] sollen, was gemeinhin geschieht, so ist [illegible]
[illegible] Stössen wasserdicht zu machen. Zu diesem [illegible]
[illegible] daselbst Ringe von getheerter Leinwand [illegible]
[illegible] hoffen, hierdurch das Durchfliessen [illegible]
der einen oder andern Seite eine [illegible]
[illegible]. Ist dieses der Fall, so [illegible]
[illegible] eingesetzt werden.

Eine andere Art, die Bohrlöcher [illegible]
Anwendung hölzerner Kasten, [illegible]
[illegible] von Garnier empfohlen. [illegible]
bereits bei Beschreibung der [illegible]
ist ihre geringe Festigkeit [illegible]
finden sie nur so lange Anwendung, [illegible]
aufgeschwemmten Boden arbeitet. [illegible]
nördlichen Frankreich so vielen Beifall [illegible]
aber wohl vorzugsweise in der [illegible]
und der metallenen Röhren zu suchen [illegible]
England haben diese Einfassungen, [illegible]
keine Anwendung gefunden, und selbst [illegible]
in der neuesten Zeit ziemlich allgemein [illegible]
ren übergegangen. Die von Garnier [illegible]
stellung ist Fig. 51 im Durchschnitt [illegible]
vischer Ansicht dargestellt. Die Stösse [illegible]
nicht zusammen, sondern sind [illegible]
drei zu drei Fuss zwei Stösse [illegible]
mal an der vordern und hintern Seite, [illegible]
und links liegen, weber die [illegible]
des Bohrloches sich aus Brettstücken [illegible]
sammensetzt. Nur unmittelbar [illegible]
Brettstücken benutzt, nämlich [illegible]
durch bildet sich sogleich die Differenz [illegible]
der Seiten, und diese wird [illegible]
dauernd beibehalten. Die [illegible]
besteht in einer halben [illegible]
die Seiten B C und G D bilden, [illegible]
Seiten C D und B G darstellen, [illegible]

Stosses der letzteren befindet sich ein Schraubenbolzen *CD* mit versenktem Kopfe und versenkter Mutter. In den Richtungen *BC* und *GD* können solche nicht angebracht werden. Ausserdem sind noch in allen vier Ecken in Abstände von 6 zu 6 Zoll Nägel eingeschlagen und zwar, wie bei *B* und *G* zu sehn ist, abwechselnd in zwei verschiedenen Richtungen, wodurch einer Trennung sicher vorgebeugt wird. Die Verbindung in den horizontalen oder Stossfugen ist eine vollständige Spundung, und diese ist auch nothwendig, um ein Ausweichen einzelner Bretter, die sich vielleicht besonders stark werfen, zu verhindern. Diese viereckigen Kasten dienen nur als Ausfütterung des Bohrloches während der Arbeit, niemals aber als Steigeröhren für das erbohrte Quellwasser. Sobald letzteres erreicht ist, werden besondere Steigeröhren eingesetzt, und jene Kasten herausgezogen, um sie bei anderer Gelegenheit aufs Neue zu benutzen. Oft gelingt es, sie in ihrer ganzen Länge wieder zu gewinnen, und wenn mehrere dergleichen Kasten ineinander geschoben waren, so muss man natürlich beim Ausziehn mit dem innern und längsten den Anfang machen.

Die Wände der Kasten haben eine Stärke von 2 bis 2½ Zoll, aber selbst in dem Falle, wenn bis fünf Kasten ineinander geschoben sind und man die Dimensionen der innern möglichst schwächen muss, dürfen diese doch nie unter 1½ Zoll Stärke haben. Man wendet dazu vorzugsweise Bohlen aus Rüsternholz an, weil dieses eine grosse Festigkeit und Zähigkeit besitzt. Bei der Anfertigung der Kasten ist aber noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass die concave Seite der Jahresringe nach aussen gekehrt ist, denn nach dieser Seite erfolgt beim Quellen die Ausbauchung und man vermeidet hierdurch die Verengung der Oeffnung, die sonst unfehlbar beim Eintreten des Kastens in das Wasser sich zeigen würde.

In Beziehung auf den Schuh und die Ausfütterung des untern Theiles mit Eisenblech gilt dasselbe, was bereits bei Gelegenheit der hölzernen Röhren erwähnt ist. Um aber die Ramme anwenden zu können, muss zunächst der obere Theil des Kastens ergänzt werden, und dieses geschieht, indem man auf die beiden tiefer abgeschnittenen Seiten zwei passend bearbeitete Bohle[n]stücke von drei Fuss Länge aufsetzt, mit einer starken Le[iste]

anbindet und durch vorgeschlagene hölzerne Keile der gan-
Verbindung die nöthige Festigkeit giebt. Diese Aufsetzstücke
ssen sowohl in den Stossfugen, als in den verticalen Fugen
nso bearbeitet sein, wie die Bohlen, welche später an ihrer
lle durch Schrauben und Nägel befestigt werden; es folgt
er, dass man für jeden Kasten zwei Paar solcher Aufsetz-
ke braucht. Nachdem die Ausgleichung der Oberfläche des
tens erfolgt ist, legt man einen hölzernen Rahmen darauf,
unten mit einer Rinne versehn ist, die eben so weit ist, als
Wände des Kastens stark sind. Hierdurch erhält der Kasten
neue Verbindung während des Rammens, und auf den Rah-
wird, wieder mit einem Zapfen eingreifend, der Aufsetzer
Knecht gestellt, der unmittelbar die Schläge des Ramm-
es aufnimmt.

Gusseiserne Futterröhren, die häufig zugleich die
eröhren für das Quellwasser bilden, sind in England be-
rs üblich; ihre regelmässige und unveränderliche Form,
Steifigkeit, auch ihr grosses Gewicht bei sehr geringer
lstärke sind sehr empfehlenswerthe Eigenschaften, und es
t noch dazu, dass sie in reinem Boden, der von hartem
iebe frei ist, einen mässigen Schlag des Rammklotzes sicher
en. Eine Hauptbedingung ihrer Anwendung ist aber ein
chst genauer Guss, und dieses namentlich in dem Falle,
sie mit Zapfen, die um die halbe Wandstärke gegen die
re Fläche zurücktreten, ineinander greifen. Man giebt
bei 9 Fuss Länge und 6 Zoll Durchmesser nur eine Wand-
von 4 Linien, und an den Enden, wo eine Röhre die
e umfasst, sogar nur 2 Linien. In dem aus England be-
en Apparate, dessen man sich bei einem Bohrversuche in
rhafen bedient hatte, wobei jedoch wegen eines Bruches
sen Röhren die Arbeit eingestellt werden musste, war sehr
mässig jedes Ende der Röhre mit einem 2 Zoll hohen
n versehn, dessen Wandstärke gleich der halben Wand-
des übrigen Theiles der Röhre war, und zur Verbindung
dienten abgedrehte Ringe von Schmiedeeisen, die wieder
ien Stärke und etwas über 4 Zoll Höhe hatten; letztere
derten die unmittelbare Berührung des Gusseisens und
lossen und verstärkten zugleich die Enden aller einzelnen

Röhrenstücke. Taf. IV. Fig. 53 zeigt diese Verbindung, man bemerkt, wie der ganze Röhrensatz auf beiden Seiten chen Durchmesser behält. Den letzterwähnten Vortheil gieb zuweilen auf, um die Schwächung der Röhren in den St zu vermeiden, und versieht in diesem Falle jedes einzelne mit einem erweiterten Halse, wo das untere Ende der folg Röhre hineinpasst, wie bei eisernen Wasserleitungsröhre wöhnlich geschieht. Alsdann hat die Röhre nur von innen gleichen Duchmesser, nicht aber von aussen, wo der erw Hals jedesmal vorsteht. Man kann alsdann durch Eins von Werg und durch Ausgiessen der Fugen mit Blei wasserdichten Schluss hervorbringen, dessen Darstellung w ist, wenn die Röhre zugleich als Steigeröhre für das Que ser dienen soll.

Das Eintreiben der gusseisernen Röhren geschieht ent unter der gewöhnlichen Ramme, oder man stellt auch, wie F zeigt, einen leichten Rammapparat auf die Röhre selbst auf hölzerne Aufsetzer oder Knecht trägt nämlich in der Ax Röhre eine eiserne Stange, die als Läuferruthe zur Führun Rammklotzes *A* dient. Letzterer wiegt 2 bis 3 Centner, besteht aus Gusseisen. Er ist der Länge nach durchlocht fasst die erwähnte Stange und wird mittelst eines Ram gehoben, welches über eine darüber befindliche Rolle gefül Kommt es darauf an, die gusseisernen Röhren herauszune so dient dazu ein Apparat, welcher dem in Fig. 49 darg ten sehr nahe kommt und sich nur darin von ihm untersc dass die drei Federn nicht auf der innern, sondern au äussern Seite mit Widerhaken versehn sind, womit sie das Ende des ganzen Röhrensatzes fassen. Zuweilen hat man durch Verniethen oder Anbringung von Schrauben die ein Röhrenstücke mit einander verbunden, so dass man beim F des obersten Stückes die sämmtlichen darunter befindliche herauszieht; doch ist dieses Verfahren sehr gefährlich, bei der Uebertragung des Stosses vom Rammklotze durc einzelnen Niethe oder Schrauben zu leicht die gusseis Röhren zerbrochen werden.

Endlich sind noch die Futterröhren aus gewal Eisenbleche zu erwähnen. Sie werden in neuerer Z

rigen Fällen beinahe ausschliesslich angewendet. In Bezug
eifigkeit stehn sie den gusseisernen und selbst den höl-
ausgebohrten Röhren nach, dagegen fehlt ihnen die Sprö-
der ersteren, und vor beiden haben sie den Vorzug, dass
zelnen Röhrenstücke mit einander sicherer verbunden sind,
h einer weit geringeren Wanddicke bedürfen. Unter dem
lotze pflegen sie sich freilich zu biegen und Falten zu
n, woher man gewöhnlich die Ramme bei ihnen gar nicht
et, dagegen bedürfen sie auch nur einer geringen Kraft
rabtreiben, weil ihre äussere Oberfläche sehr glatt ist
e geringe Wandstärke besonders leicht die gehörige Er-
ng des Bohrloches gestattet. Dazu kommt noch, dass
ihrer geringen Wandstärke die Anzahl der ineinander ge-
en Röhrenfahrten leicht vergrössert werden kann. Sobald
r durch ihr eigenes Gewicht nicht mehr von selbst herab-
kann man noch hölzerne oder eiserne Hebel an ihr oberes
hrauben, um sie zu drehn und auf diese Art ihr weiteres
gen befördern. Ein solcher Hebel von Eisen ist Fig. 55
ellt, der keiner weiteren Erklärung bedarf. Der hölzerne
hat dagegen eine Einrichtung, die wesentlich mit der
angegebenen Zwinge übereinkommt und sich nur da-
nterscheidet, dass nach jeder Seite ein Arm verlängert
erwähnte Zwinge dient dazu, die Röhre beim Herablassen
sammensetzen, oder auch wohl beim Aufnehmen auf die
neben dem Bohrloche sicher aufzustellen.

e Bleche, die man zu diesen Röhren anwendet, haben die
von etwa $\frac{1}{8}$ Zoll; Degousée giebt den engsten Röhren,
benutzt, von $7\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, eine Blechstärke von
inien und den weitesten Röhren, von $12\frac{3}{4}$ Zoll Durch-
eine Blechstärke von 2,29 Linien. Die Länge der ein-
Röhrenstücke richtet sich nach der Breite der Bleche und
oft nur 4 Fuss. Dieselben werden wie gewöhnliche
hren mit übergreifenden Rändern in der vorgeschriebenen
ylindrisch gebogen und verniethet. Ihre Zusammensetzung
nzen Röhrensatze erfolgt mittelst 8 bis 12 Zoll hoher,
ssen aufgeschobener Ringe, die ebenso wie die Röhren
engesetzt sind. Auf der Hütte selbst, wo die Anfertigung
ht, wird ein Verbindungsring an jedes Röhrenstück ge-

niethet, so dass derselbe mit seiner halben Höhe vorsteht, und
zwar müssen die übergreifenden Ränder nicht zusammenfallen,
weil sonst an einzelnen Stellen vier Blechstärken über einander
liegen würden. Ausserdem müssen die sämmtlichen Löcher für
die Niethe, wodurch die Verbindungsringe auf der andern Seite
gegen die Röhrenstücke noch befestigt werden sollen, genau
passend gebohrt sein. Damit man hierbei aber nicht viel zu
suchen braucht, und man nicht gleich in Verlegenheit kommt,
wenn ein Ring oder ein Röhrenstück beschädigt wird, so ist es
nöthig, dass nicht nur alle Löcher ganz gleichmässig gebohrt,
sondern auch alle Röhren recht scharf und genau abgeschnitten
sind und sonach alle Theile unter sich passen und jedesmal d
Röhrenstücke auf einander fest aufstehn. Soll die Verlängeru
der Röhre erfolgen, so schiebt man auf das obere Ende derselb
welches den Verbindungsring noch nicht trägt, einen solch
mit dem daran befestigten Röhrenstücke auf und dreht letzte
so lange, bis die Niethlöcher genau aufeinander passen. Alsda
fasst man einen glühenden Nieth mit einer langen Zange
bringt ihn von innen in das Loch ein. Dieses ist insofern ni
schwer, als man an der Zange zuvor eine Marke machen ka
woran man erkennt, wie weit dieselbe unter den obern Rand
Röhre hineingesteckt werden muss. Ist dieses geschehn,
greift man mit einer zweiten Zange das durch das Loch v
tretende Ende des Niethes *B* (Fig. 57), damit dasselbe ni
etwa in die Röhre fällt, und schiebt in die letztere wieder
zur gehörigen Tiefe einen Ambos *C* ein, der, wie die Fi
zeigt, cylindrisch und der Weite der Röhre entsprechend gefo
ist und ausserdem durch eine an der hintern Seite angebrac
Feder scharf gegen das Nieth gedrückt wird. Auf diesem Am
kann mit grosser Sicherheit das Verniethen vorgenommen werd
Statt dieser Niethe gebraucht man zuweilen auch Schraubenbolz
wie Fig. 58 einen solchen in natürlicher Grösse zeigt.
werden von innen eingesetzt und alsdann von aussen durch e
Schraubenmutter gehörig fest angezogen, worauf das vorstehe
Ende mit einer Säge abgeschnitten wird. Damit diese Bol
aber beim Einsetzen nicht herabfallen, so bindet man jeden d
selben an einen Faden, zu welchem Zweck, wie die Figur zei
am Ende eine Oese angebracht ist. An diesem Faden wird d

Bolzen in die Röhre herabgelassen, und mit einem feinen Draht-haken, der durch das betreffende Loch gesteckt wird, an die bestimmte Stelle gezogen.

Eine andere Verbindungsart der Röhren aus Eisenblech be-ruht darauf, dass man die Verbindungsringe anlöthet, was besonders in Bezug auf die Wasserdichtigkeit von grossem Nutzen ist. Ausserdem kann bei diesem Verfahren noch ein wesentlicher Vortheil erreicht werden. Die Verbindungsringe vergrössern nämlich den äussern Durchmesser der Futterröhre, und diese Ungleichmässigkeit verhindert augenscheinlich das leichte Ein-dringen; wenn man aber die Verbindungsringe so lang macht, dass sie sich unmittelbar berühren, oder eine vollständige äussere Röhre bilden, so verschwindet nicht nur der erwähnte Nachtheil, sondern die Röhre wird bei gleicher Wandstärke auch fester, oder man darf zur Hervorbringung des nöthigen Grades von Festigkeit schwächere Bleche anwenden. Zu einem Röhrensatze werden in diesem Falle innere und äussere Röhren von gleicher Länge angefertigt, von denen die letzteren sich mit Leichtigkeit und mit reichlichem Spielraume über die ersteren schieben lassen, und sie werden so gestellt, dass jede innere Röhre mit der halben Länge vor der äussern vorsteht. Soll die Verlängerung vorge-nommen werden, so schiebt man zuerst ein äusseres Stück auf, so dass es auf dem darunter befindlichen fest aufsteht, alsdann stellt man ebenso ein inneres ein. Man schiebt eine Art von Kolben bis unter die Fuge der innern Röhrenstücke, stampft darüber Lehm, um das Einfliessen des Lothes zu verhindern und dichtet gleichfalls durch umgeschlagenen Lehm die Fuge zwischen den äussern Röhren. Ein aus zwei Hälften bestehender Kohlen-korb wird darauf um die Röhre befestigt und darin das Feuer so lange unterhalten, bis die Röhren für die Löthung hinreichend erwärmt sind. Endlich giesst man von oben das Loth unter mässigem Drucke ein, welches den zuletzt aufgebrachten äussern Cylinder mit den beiden innern verbindet. Hierbei ist es erfor-derlich, die zusammenzulöthenden Flächen vorher zu verzinnen; sollte es sich aber treffen, dass das Loth in die Röhre hinein-fliesst und sonach die innere Weite etwas verengt, so ist dasselbe mit einem Apparate, ähnlich dem Fig. 24 dargestellten, leicht auszuschneiden oder auszubohren, man kann zu diesem Zwecke

auch grosse halbrunde Feilen an das Gestänge befestigen, die mittelst Federn angedrückt werden. Diese Art der Verbindung, welche bei Artern angewendet wurde, hat noch den Vortheil, dass man den Röhrensatz, sobald es nöthig wird, sicher herausziehn und durch Erwärmung in seine einzelne Theile wieder zerlegen kann. Die Kosten für solche doppelte, zusammengelöthete Röhren stellen sich freilich etwas höher, als für einfache. Dieser Umstand ist indessen bei grossen Bohrarbeiten von geringer Bedeutung, indem der Betrag der Arbeitslöhne jederzeit viel grösser ausfällt, als der des angeschafften Materials, und sonach jede Aenderung im Apparate vortheilhaft ist, wodurch zufällige Unterbrechungen oder Vermehrung der Arbeit vermieden werden. Die in dieser Art zusammengesetzte Röhre für das Bohrloch zu Artern hatte in den einzelnen Stücken eine Wandstärke von $\frac{1}{15}$ Zoll, ihre lichte Weite konnte nur $2\frac{1}{8}$ Zoll betragen, und der lichte Zwischenraum zwischen der innern und äussern Röhre, der mit Zinn ausgegossen wurde, maass $\frac{1}{16}$ Zoll.

Vom Einsetzen der Futterröhren aus gewalztem Eisen ist bereits die Rede gewesen und zugleich bemerkt worden, dass beim Eintreiben derselben durch die Ramme leicht Biegungen oder Falten entstehn, welche das Bohren erschweren und das weitere Senken der Röhre unmöglich machen. Man entfernt solche Falten mit einem Apparate, der wieder dem in Fig. 24 dargestellten ziemlich ähnlich ist und sich nur darin unterscheidet, dass er nicht mit Schneiden, sondern mit glatten Rücken, wie ein Polirstahl, versehn ist. Man giebt ihm statt der zwei Arme auch häufig deren vier, so dass er aus zwei sich kreuzenden Bügeln besteht; jedenfalls muss er aber genau nach der lichten Weite der Röhre geformt sein, weil er sonst entweder seinen Zweck nicht erfüllen, oder gar nicht hineingebracht werden kann.

Gemeinhin dienen die Futterröhren aus Eisenblech zugleich als Steigeröhren für das Quellwasser, und man pflegt sie in diesem Falle zu verzinnen, weil sie sonst zu leicht vom Wasser angegriffen werden. Trifft es sich aber, dass mehrere Röhren in einander geschoben sind, und kommt noch dazu, dass eine wasserdichte Absperrung des Grundwassers und der sonst etwa zwischenliegenden Quellen nicht nöthig ist, so ist es überflüssig, dass die sämmtlichen Röhren im Bohrloche bleiben, und es ge-

nur eine darin zu belassen. Man kann jedoch die äussere
zuerst entfernen, und daher pflegt man unter den erwähnten
änden jede von den innern Röhren etwas über dem untern
der nächstfolgenden äussern abzuschneiden. Dieses geschieht,
man am Gestänge einen scharfen und gehörig gehärteten
rnen Zahn befestigt, der durch eine Feder an die Röhren-
gedrückt wird; durch Vorwärtsdrehn bringt man ihn zum
hneiden, während er bei der Bewegung auf- und abwärts
öhren beinahe gar nicht angreift. Auf solche Art schneidet
zunächst die innerste Röhre an der Stelle durch, wo das
och eine doppelte Ausfütterung hat. Das Ausheben des ab-
nittenen ganz freistehenden Stückes bietet alsdann keine
ierigkeit und demnächst geht man zur folgenden Röhre über,
so fort, bis zuletzt das ganze Bohrloch überall nur von einer
chen Röhre umschlossen bleibt.

§. 13.

sführung der Artesischen Brunnen mit festem Gestänge.

Bei Ausführung Artesischer Brunnen pflegt man die Bohr-
nicht unmittelbar an der Oberfläche des Erdbodens beginnen
ssen, sondern dieses geschieht meist in der Tiefe von 10
0 Fuss, und es kommen Fälle vor, wo man entweder gleich
gs, oder auch während der Arbeit Schachte bis auf 100
und mehr abgeteuft hat, in deren Boden das Bohrloch mündet.
s Verfahren könnte insofern unpassend erscheinen, als es
Zweifel viel kostbarer ist, etwa 30 Fuss tief einen Schacht
graben und abzusteifen, als bis zu derselben Tiefe zu bohren,
ntlich wenn der ganze Bohrapparat doch beschafft werden
. Dieser Vortheil verschwindet indessen bei der weitern
etzung der Arbeit, denn wenn das Bohrloch erst 30 Fuss
der Oberfläche anfängt, so ist auch das Gestänge fortwäh-
um eben so viel kürzer, und man hat bei dem immer wie-
lten Ausheben und Einsetzen zwei oder mindestens eine
indung weniger zu lösen und zusammenzuschrauben. Man
aber dieser beispielsweise zu 30 Fuss angenommenen Tiefe
Schachtes nicht die ersten, sondern die letzten 30 Fuss des

Bohrloches gegenüberstellen, deren Ausführung viel kostbarer ist. Man hat auch den Vortheil, dass man in einem solchen Schachte sehr sicher die Rahmen befestigen kann, in denen die Futterröhre herabgetrieben wird, und dieser Umstand ist insofern von besonderer Wichtigkeit, als es namentlich im Anfange der Bohrarbeit darauf ankommt, die Röhre oder den viereckigen Kasten genau senkrecht einzustossen. Bei einer schrägen Stellung desselben kann man aber durch eingetriebene Keile sehr wirksam nachhelfen, da hier die Rüstungen nicht seitwärts weichen. Endlich wird, wie bereits oben erwähnt, die Arbeit auch sehr erleichtert, wenn das Gestänge in recht lange Theile zerlegt werden darf, oder wenn nur wenige Verbindungen zwischen den einzelnen Gliedern gelöst werden. Dieses hängt aber von der Höhe der Rüstungen ab, die neben dem Bohrloche aufgerichtet sind, um die abgeschrobenen Theile des Gestänges dagegen zu lehnen, und es ergiebt sich, dass man dieselbe nutzbare Höhe auch mittelst niedrigerer Rüstungen erreichen kann, wenn ein Schacht dieselben theilweise ersetzt.

Aus den erwähnten Gründen ist es immer vortheilhaft, wenigstens 10 bis 20 Fuss tief einen weiten Schacht herabzuführen, und bei sehr tiefen Bohrlöchern entgeht man manchen Zufälligkeiten, wenn man den Schacht noch weiter abteuft. Hierbei kommt aber der Stand des Grundwassers oder das Erscheinen der ersten Quellen in Betracht, denn jedenfalls muss das Bohren beginnen, sobald sich Wasser zeigt.

Die Einfassung des Schachtes, um das Verschütten desselben zu verhindern, kann auf sehr verschiedene Art geschehn. Wenn es vorauszusehn ist, dass die Arbeit eine Reihe von Jahren hindurch fortgesetzt werden wird, so muss natürlich die Einfassung um so dauerhafter sein, man pflegt alsdann den obern Theil, wie Fig. 60 zeigt, auszumauern, und den untern Theil, worin nur die Rahmen zur Führung der Futterröhre befestigt werden sollen, worin aber nicht gearbeitet wird, mit einer Spundwand einzuschliessen. Bei kleineren Bohrarbeiten, die nur bis zu geringer Tiefe fortgesetzt werden, und deren Beendigung in einigen Monaten oder etwa nach einem Jahre zu erwarten steht, genügt eine Absteifung durch Holz, wie solche Fig. 59 zeigt. Man kann diese ebenso gut senkrecht, wie in pyramidaler Form darstellen,

h wählt man gemeinhin die letztere und zwar [illegible]
verminderten Erddruckes, sondern auch, weil man an [illegible]
eile, wo nur der Rahmen zur Führung der Futterröhre [illegible]
d, keine grosse Weite braucht, wogegen weiter [illegible]
ssere Verbreitung der Grube zum bequemen Betriebe der Ar-
eit wesentlich beiträgt.

Die Art, wie dergleichen Schächte in leichtem Boden abge-
t und verzimmert werden, ist folgende. Man richtet zunächst
quadratischen Rahmen vor, welche die Verschalung und damit
e auch die hinterliegende Erde halten sollen. Diese Rahmen
nicht der Gefahr ausgesetzt, auseinandergezogen, noch auch
choben zu werden, man darf daher bei ihrer Verbindung nur
r sorgen, dass sie nicht zusammengedrückt werden. Zu die-
Zwecke genügt es, die Verbandstücke, die in der Regel aus
Kreuzholz oder schwachem Bauholz bestehen, in den Ecken
h einen einfachen Kamm mittelst Ueberblattung an einander
erbinden, und um das Holz nicht einzuschneiden und es da-
h vielleicht zu andern Zwecken unbrauchbar zu machen, be-
gt man sich zuweilen auch, Knaggen aufzunageln, die an zwei
ken nach oben, und an den beiden andern nach unten ge-
t sind und die gleichfalls ein Zusammenschieben in jeder
tung verhindern. Die Entfernung der Rahmen von einander
ägt etwa 4 Fuss. Hinter dieselben, und zwar von einem bis
dem nächstfolgenden reichend, werden Brettstücken, die unten
eschärft sind, neben einander eingestossen, und wenn der Bo-
, den man durchfährt, reiner Sand ist, der leicht die Fugen
chdringt, so muss diese Wand eine Stülpwand sein, das heisst,
er jede Fuge wird noch ein zweites ähnliches Brett gestossen.
n gräbt zuerst den Boden in der Tiefe von etwa einem Fuss
, und nachdem er planirt und horizontal abgeglichen ist, wird
erste Rahmen darauf flach hingelegt. Alsdann treibt man
ter dem Rahmen die Brettstücken, welche die Erde halten
len, in angemessener Richtung mit einer Handramme oder einem
ägel ein, und setzt gleichzeitig die Ausgrabung fort, bis man
in der gehörigen Tiefe auf den geebneten Boden den zweiten
Rahmen legen kann. Die Bretter reichen etwa einen Fuss tief
unter diesen herab, sie müssen aber sorgfältig geneigt und nach
Maassgabe der Ausgrabung so nachgetrieben werden, dass sie

sich lose gegen den untern Rahmen lehnen. Zwischen beide
man eine zweite Reihe von Brettern ein, die in gleicher Art
handelt wird, und sich unten wieder gegen den dritten Rah
lehnt. Sobald dieses geschehn ist, wird der zweite Rahmen
jeder Seite durch zwei Brettstücken, also im Ganzen durch
mit dem oberen Rahmen verbunden, und dieses geschieht
mit allen folgenden, wodurch der ganze Bau in allen Theilen
grosse Festigkeit erhält und man auf jedem einzelnen Rah
sehr sichere Rüstungen anzubringen im Stande ist. Die detail
Zeichnung in Fig. 59 stellt alle Theile der erwähnten Ver
merung dar.

Ist auf diese Art die Bohrarbeit vorbereitet, so macht
bei festem Boden sogleich den Anfang mit derselben und
die Futterröhre erst ein, nachdem man mehrere Fuss tief geb
hat; bei leichtem Sandgrunde dagegen würde das Bohrloch,
lange es nicht in den Wänden gesichert ist, nicht offen zu
sein und man muss daher zuerst die Futterröhre einsetzen.
der senkrechten Einstellung derselben hängt der
Fortgang der ganzen Arbeit wesentlich ab, man darf daher
Mühe scheuen, um hierbei die möglichste Genauigkeit zu erreich
damit aber die Röhre Anfangs senkrecht eingerammt wird,
es darauf an, sie an zwei Stellen, die je nach der Steifigkeit
Röhre 10 bis 20 Fuss oder auch wohl noch weiter von ein
entfernt sind, fest einzuschliessen. Sie kann alsdann unter
Schlägen des Rammklotzes sich nur in der Richtung beweg
welche durch diese beiden Einfassungen bezeichnet ist.
daher diese Richtung die lothrechte ist und der Rammklotz gl
falls lothrecht und genau central die Röhre trifft, so lässt
unter einer fortgesetzten Prüfung durch Anhalten des Lothes
durch gehöriges Einstellen der Keile der richtige Stand her
bringen. Jene beiden Einfassungen lassen sich in dem Schacht
selbst sehr sicher und bequem anbringen, sie bestehn gewöhnl
in Rahmen mit quadratischen Oeffnungen, welche etwa 6 Z
weiter als die Röhren sind. Man gewinnt dadurch für die Kei
die von allen Seiten zur Hervorbringung eines lothrechten Stand
eingestellt werden müssen, den nöthigen Spielraum. Diese
müssen schliessend gesetzt doch keineswegs zu scharf einge
werden, weil sie sonst leicht mit der Röhre selbst noch

gen und alsdann die Röhre zerdrücken könnten. Nach
n Schlägen der Ramme muss man die herausgeworfenen
wieder einsetzen und diejenigen, die zu fest stecken, lüften,
gleich das Lot beobachten, um zu wissen, nach welcher
lie Röhre überzuweichen droht. Diese grosse Aufmerk-
t ist jedoch nur im Anfange der Bohrarbeit nothwendig,
obald die Röhre auch nur 10 Fuss in den Boden einge-
n ist, so kann man durch die Keile nur ihr oberes Ende
ichten, doch nicht mehr das untere, welches in der Stel-
die es angenommen hat, gehalten wird. Wäre demnach
hre sehr steif, so würde es genügen, sie nunmehr nur
einen Rahmen zu fassen, doch behält man dafür lieber
zwei, die jedoc viel näher übereinander liegen, wodurch
ere Theil des Schachtes frei wird und man denselben für
ehn des Gestänges und das Fortstellen der Glieder benutzen
Man thut indessen immer wohl, den Gebrauch des Lothes
e Anwendung der Keile nie ganz aufzugeben, indem [illegible]
allein eine geradlinige Verlängerung der Röhre [illegible]
n kann. Am untern Ende der Röhre wirkt hauptsächlich
asse Gewicht des Gestänges und der Bohrer auf die [illegible]
Fortsetzung des Bohrloches.

Es ist schon erwähnt worden, dass die Röhren von [illegible]
isenbleche gewöhnlich nicht eingerammt, sondern [illegible]
n, man sucht aber durch Anwendung von Schrauben oder
Belastung den todten Druck auf dieselben möglichst zu
ässern, wenn sie schon ziemlich fest stehen. Man [illegible]
Röhre beim Beginn der Arbeit nicht sogleich zu [illegible]
es zu schwierig sein würde, ihren [illegible] Stand zu
en. Man rammt vielmehr, wenigstens bis auf 20 oder 30
Tiefe, hölzerne Futterröhren oder Kasten ein, deren [illegible]
den äussern Durchmesser der eisernen Röhren etwas über-
und nachdem die Bohrung darin ausgeführt ist, [illegible]
die eisernen Röhren ein, welche durch die hölzernen in
beabsichtigten Stellung sicher gehalten werden.

Die **Rüstungen** für die eigentliche Bohrarbeit sind nach
Beschaffenheit des Bodens wesentlich verschieden. [illegible]
wemmten Boden, oder in sehr weichem Gestein [illegible]
inge gedreht werden, während es im [illegible]

[illegible] zum Herausheben der Futterröhre die Ramme [illegible] [illegible] auch der Klotz in der Leitung des Gestänges [illegible] Anforderungen aber wenn der Boden aus festem Gestein besteht [illegible] Unterbrechungen der Bohrer [illegible] [illegible] die erforderliche Einrammung [illegible] sein [illegible] [illegible] Gestänge und die Arbeiter im Stande, [illegible] [illegible] zu [illegible]. Von der muthmaasslichen Tiefe des [illegible] [illegible] und von der wahrscheinlichen Dauer der Arbeit hängt ab, ob man durch leichtere und wohlfeilere Rüstungen [illegible] Unbequemlichkeiten einführen, oder ob man zur möglichsten Erleichterung und Sicherung der Arbeit grössere Einrichtungen nicht scheuen darf. Hiernach fallen die Bedürfnisse sehr [illegible] schieden aus. In den Figuren 59 und 60 sind zwei Arten [illegible] selben dargestellt, von denen die erste für Bohrlöcher von [illegible] hundert Fuss Tiefe und für einen weicheren Boden bestimmt [illegible] Fig. 60 zeigt dagegen einen Apparat, mit dem man bis zu [illegible] Fuss Tiefe und zwar in festem Boden herabgehen kann. Ich [illegible] hierbei im Allgemeinen wohl den üblichen Formen gefolgt, [illegible] habe ich die Details so zusammengestellt, wie sie mir am pas[illegible] sten erschienen.

Die Rüstung Fig. 59 kommt mit einer gewöhnlichen Ra[illegible] nahe genug überein, doch kann der mittlere Baum, der die [illegible] des Hebezeuges trägt, nicht unmittelbar als Läuferruthe [illegible] weil dadurch das Gestänge so nahe an denselben käme, [illegible] nicht mehr mit Bequemlichkeit gedreht, noch auch sonst ge[illegible] gehandhabt werden könnte. Ausserdem würde der Rammklotz [illegible] nicht unterhalb der Schwelle der Ramme spielen können, [illegible] wieder der oben erwähnte Vortheil der Aufgrabung verloren [illegible] Um die eigentliche Rammvorrichtung etwa auf 3 Fuss von [illegible] festen Rüstung zu entfernen und ihr dabei eine solche Anord[illegible] zu geben, dass sie möglichst leicht aufgestellt und wieder [illegible] gezogen werden kann, hat man verschiedene Constructionen [illegible] wählt; die hier mitgetheilte scheint beiden Bedingungen und [illegible] mentlich der letzten am besten zu entsprechen. Um die Zu[illegible] mensetzung deutlich zu zeigen, ist in der Figur die vordere S[illegible] fortgelassen. Eine gewöhnliche viereckige Verschwellung [illegible] die Rüstung; die vordere Schwelle, welche über der Bau[illegible] liegt, wird durch zwei Steifen unterstützt, und auf ihr steht

ler erwähnte Baum. Letzterer wird durch zwei Seiten-
d zwei zurücktretende Streben gehalten, und da die
bindung lange Zeit hindurch unverrückt stehn bleibt,
an wohl, statt der sonst üblichen Ueberwürfe starke
bolzen zu wählen. Der feste Krahnkopf auf dem Baume
: Stellung der Rüstung, denn das Tau, welches von
n Rolle herabfällt, muss in die Axe des Bohrloches
sselbe Tau ist rückwärts über die zweite Rolle gezogen
e horizontale Welle einer Hornhaspel geschlungen und
stigt. Dieses Tau darf nicht länger sein, als dass es
m Rahmen herabreicht, der die Futterröhre umfasst.
muss die ganze Rüstung gehörig unterstützt und ent-
ch Belastung an der hintern Seite, oder durch Kopftaue
verden, um nicht etwa durch ein schweres Gestänge
vermehrten Zug an demselben umgeworfen zu werden.
rwähnten Hebezeuge wird das Gestänge beim Zusam-
und Auseinandernehmen gehoben und gesenkt, daran
auch der Bohrer, so oft er gebraucht wird.
Vorrichtung zum Rammen ist in der Figur in
hiedene Stellungen gezeichnet, nämlich in den ausge-
Linien zeigt sie sich während ihres Gebrauches und
te Zeichnung weist ihre Lage nach, während sie zurück-
ist und das Hebezeug für das Gestänge benutzt wird.
rwähnten Baum greifen, möglichst scharf schliessend,
Arme einer Zange *D E*, die aus zwei Holzstücken
gesetzt ist, da sie die Breite von 24 Zoll haben muss.
durch einen Bolzen befestigt, so dass sie sich frei drehn
beiden angedeuteten Stellungen einnehmen kann. An
ern Ende ist sie mit einem Bügel versehn, worin der
oben erwähnten Taues sie fasst und sie horizontal
der Rammklotz spielen soll. Durch das Hebezeug kann
ehoben und zurückgeschlagen werden, bis ein eiserner
ie fasst und die weitere Unterstützung durch das Hebe-
hrlich wird. Auf dieser Zange liegt die Rammscheibe
angebracht sein muss, dass die Richtung des Ramm-
der Axe des Bohrloches zusammenfällt. Endlich sind
die beiden Scheeren *G* befestigt, welche der Ramm-
einen acht Armen umfasst. Diese Scheeren stehn auf

dem festen Rahmen des Schachtes. Soll die Rammarbeit eingestellt und das Gestänge eingesetzt werden, so dreht man die Hornhaspel so weit, dass die Zange mit dem Haken gefasst werden kann, löst das Tau des Hebezeuges aus dem Bügel der Zange, stellt den Rammklotz bei Seite, entfernt den früher beschriebenen Aufsetzer nebst dem losen Rahmen darunter, und fasst das untere Glied des Gestänges mit dem Hebezeuge.

Sollte man bei Anwendung dieser Rüstung festes Gestein treffen, welches nur durch Aufstossen der Bohrer durchfahren werden kann, so darf man hierzu den Rammapparat nicht füglich benutzen, indem der Bohrer, wie später erwähnt werden wird, nur wenige Zolle tief fallen darf und ein so kurzer Zug die Arbeiter sehr ermüden würde. Man muss alsdann, wie dieses in England häufig geschieht, einen Baum als ungleicharmigen Hebel vorrichten, dessen längeres Ende mit Zugleinen herabgedrückt wird, während das kürzere das Gestänge trägt. Dehnt diese Arbeit sich aber lange Zeit hindurch aus, so genügt eine solche einfache Vorrichtung wegen der geringen Leistung nicht mehr, und man muss einen Hebelapparat mit Prellbalken oder Federn wählen, der im Folgenden beschrieben werden wird.

Wenn man voraussieht, dass die Bohrarbeit Jahre lang fortgesetzt werden wird, so thut man wohl, die Rüstung nicht nur mit einer Verdachung zu versehn, sondern sie auch mit Seitenwänden zu umschliessen, oder sie in eine vollständige Kaue (d. i. ein Gebäude, das über einem Schachte steht) zu verwandeln. Man vermeidet dadurch nicht nur die Unterbrechungen, die wegen ungünstiger Witterung eintreten, sondern man erreicht auch noch den Vortheil, dass man die ziemlich kostbaren Apparate vor Beschädigung und Entwendung sicher stellen kann. Eine solche Einrichtung ist mit Rücksicht auf die möglichste Raumersparung in Fig. 60 dargestellt, und es ist dabei angenommen, dass in festem Gesteine also durch Aufstossen des Bohrers gebohrt werden soll. Es dient hierzu der ungleicharmige Hebel IK, der sich um die Axe L dreht; seine Länge und sein Gewicht hängen von dem Gewichte des Gestänges ab, denn das Gestänge muss dem kürzern Arme das Uebergewicht geben und den Hebel von selbst in die hier gezeichnete Stellung bringen. Am Ende des längeren Armes sind einige starke

erarme angebracht, woran die Zugleinen befestigt sind, welche Arbeiter herabziehn und dadurch das Gestänge heben; letzes fällt hierauf von selbst nieder, wobei der Bohrer auf den den des Bohrloches aufstösst. Zuweilen lässt man auch die beiter unmittelbar die Querarme herabdrücken. Die Wirkung s Bohrens wird vergrössert und die ganze Arbeit erleichtert, nn der Bohrer, nachdem er den Stoss ausgeübt hat, sogleich rückspringt. Dieses erreicht man, indem der Hebel mit einem stischen Prellbalken MN verbunden wird, der hier unterlb des Hebels gezeichnet ist, während man ihn häufig auch rüber legt, so dass der Hebel unmittelbar dagegen schlägt. n das erwähnte scharfe Aufstossen des Bohrers hervorzubrinn, muss das Gestänge so aufgehängt sein, dass im Zustande s Gleichgewichts der Bohrer kaum den Boden des Bohrloches rührt, und hierzu dient die in der Figur dargestellte Befestingsart. Eine hinreichend starke Kette trägt das Kopfstück s Gestänges, welches mit einem Wirbel versehn ist; die Kette t ferner über eine mit Eisen verkleidete Rinne am Kopfe des rzeren Hebelarmes geführt und an einen Haken befestigt. dem der Haken in jedes Glied der Kette passt, so kann man hon nach Maassgabe der Länge der Kettenglieder das Geänge um 2 bis 3 Zoll verkürzen oder verlängern. Die feiren Verstellungen lassen sich aber noch durch die besondere inrichtung des Hakens bewirken; derselbe ist nämlich nicht mittelbar an dem Hebel befestigt, sondern greift mit dem Stiele, r mit Schraubengewinden versehn ist, durch eine starke eiserne ese in der obern Fläche des Hebels, und eine Schraubenmutr, womit er sich gegen dieselbe lehnt, giebt Gelegenheit, den aken und die Kette schärfer anzuziehn oder etwas nachzulassen d dadurch jede gewünschte geringe Verstellung des Gestänges rvorzubringen. Endlich ist am obern Theile des Gestänges och ein Hebel O angebracht, womit der Bohrer gedreht wird, m das Bohrloch auszurunden.

Soll das Gestänge gehoben werden, so fasst man es mit em Haken P, der an einem starken Tau oder einem Seilbande befestigt ist, welches durch eine angemessene mechanische Vorrichtung aufgewunden werden kann. In der Figur ist ein Laufrad dazu gewählt worden, wie häufig geschieht. Dasselbe wird

aber gemeinhin hinter den Hebel gestellt, und jedenfalls muss man dafür sorgen, dass die Welle des Laufrades nicht vom Hebel getroffen werden kann. Sobald das Gestänge aufgewunden wird, so senkt sich der Hebel und entfernt sich so weit von der horizontalen Stellung, dass der Kopf des kürzeren Armes, namentlich wenn die Kette zurückgeschlagen ist, nicht mehr das Ausheben des Gestänges hindert, während auch hier das Gestänge, mag es am Hebel oder am Hebezeuge hängen, immer in die verlängerte Axe des Bohrloches treffen muss. Zum Herablassen des Gestänges würde das Laufrad sehr unbequem sein, daher ist zu diesem Zwecke noch eine Bremsvorrichtung angebracht, die gegen eine besondere Bremsscheibe wirkt; letztere ist in der Figur nicht sichtbar.

In Frankreich pflegt man zum Bohren in festem Gestein eine sehr abweichende Anordnung zu treffen. Das Seil, womit das Gestänge gehoben wird und welches auch hier über eine Rolle am obern Ende der Rüstung geführt ist, dient nämlich zugleich zur Hervorbringung der Stösse des Bohrers. Die Bewegung geht aber von einer Kurbel aus, welche mittelst Rad und Getriebe einige Hebedaumen bewegt; letztere greifen in einen andern Daumen am Rade derjenigen Welle, um welche obiges Tau geschlungen ist, und sonach wird dieses abwechselnd angezogen und gelöst, und es bilden sich die beabsichtigten Stösse, deren Ausdehnung und Anzahl in einer Minute man durch Verstellung der Daumen willkührlich abändern kann. Der Prellbalken wird aber durch starke Stahlfedern ersetzt. Eine nähere Beschreibung dieser ganzen Vorrichtung, welche man in der oben erwähnten Schrift von Pauluzzi findet, scheint nicht nöthig, indem die Uebertragung der schnell folgenden Stösse durch ein Seil weit weniger vortheilhaft sein möchte, als wenn man sich dazu des Hebels bedient. Bei tieferen Bohrlöchern darf der Bohrer nicht höher als etwa 6 Zoll gehoben werden, während man beim Beginne der Arbeit und bei kurzem Gestänge ihn wohl einen Fuss und selbst darüber herabfallen lässt.

Nachdem man einige Zeit hindurch im Steine gebohrt hat, muss der Bohrschlamm durch eine besondere Vorrichtung, nämlich die oben beschriebene cylindrische Röhre mit Ventil, oder den Löffel ausgeschöpft werden. Es würde aber sehr zeitraubend

sein, wenn man den letztern mittelst des Laufrades herablassen und heben wollte; daher hängt der Löffel *Q*, wie die Figur zeigt, an einer leichten Winde *R*. Der Löffel verlangt im Allgemeinen eine grössere Hubhöhe als die Bohrer. Es ergiebt sich aus der Figur, wie das am Löffel befestigte Seil weder beim Gebrauche des Hebels, noch des Laufrades hinderlich ist. Endlich muss noch erwähnt werden, dass der Löffel auch eine Menge Wasser herauszubringen pflegt, für dessen Abfluss wo möglich durch einen unterirdischen Canal am Boden des Schachtes gesorgt wird, wie die Figur zeigt.

Ueber das Bohren selbst ist nach dem, was bereits bei Gelegenheit der Bohrinstrumente erwähnt ist, wenig zu erinnern. Wenn man im aufgeschwemmten Boden bohrt, so muss das Herabtreiben der Futterröhre nicht zu lange ausgesetzt bleiben, und namentlich in feinem Sande thut man wohl, die Röhre dem Bohrer sogar vorangehn zu lassen, weil sonst die seitwärts herabfallenden Sandmassen unnöthiger Weise gehoben werden müssten. Dagegen ist es bei einem thonigen oder festeren Boden von grosser Wichtigkeit, das Bohrloch recht weit zu eröffnen, oder sich fleissig der Krebsscheere und anderer Erweiterungsinstrumente vor dem jedesmaligen Herabtreiben der Röhre zu bedienen. Besteht die Röhre aus gewalztem Eisenbleche, so wird es möglich, denselben Röhrensatz mehrere hundert Fuss tief herabzutreiben, und dieser Umstand ist von grossem Nutzen für das ganze Unternehmen. Degousée führt an, dass er durch Beobachtung dieser Vorsichtsmaassregeln bei Mans mittelst drei Röhrensträngen bis auf 200 Meter herabgekommen sei, während er dabei zehnmal Schichten flüssigen Sandes angetroffen habe.

Besondere Aufmerksamkeit ist jedesmal auf die gute Erhaltung der Futterröhren zu verwenden, indem eine sehr zeitraubende und kostspielige Unterbrechung der Arbeit eintritt, wenn die Futterröhre herausgezogen und durch eine neue ersetzt werden muss. Hölzerne Röhren werden, wie schon erwähnt, am untern Ende, wo der Bohrer, während er gedreht wird, sie immer berührt, mit eisernen Ausfütterungen versehn, und auch bei eisernen Röhren muss man diesen Theil besonders stark machen. Ferner ist es nothwendig, dass alle Unebenheiten im Innern möglichst vermieden werden und dieses ist bei den Röhren von

gewalztem Eisenbleche am schwierigsten zu erreichen, indem die Ränder der übergelegten Bleche in den vertikalen Fugen und die Köpfe der Niethe oder Schrauben gewöhnlich etwas vorstehn. Es lassen sich jedoch bei vorsichtiger Arbeit die Uebelstände um Vieles vermindern; die Ränder können nämlich vor dem Zusammenbiegen der Bleche zu Röhren durch Ausschmieden oder Abfeilen etwas zugeschärft werden, so dass sie nicht mehr mit der ganzen Blechstärke vortreten, und alle Nieth- und Schraubenköpfe müssen die Gestalt flacher Tropfen haben, die, ohne einen scharfen Rand zu bilden, sich genau an die Röhrenwand anschliessen. Der letzte Umstand ist besonders wichtig, denn wenn ein Bohrer oder ein Fange-Instrument bei einmaligem Aufziehn eine solche Fuge zwischen dem Schraubenkopfe und der Röhre treffen sollte, so erweitert er sie sogleich, und da das Heben und Herablassen der Apparate sich viele tausend Male wiederholt, so wird eine Unregelmässigkeit dieser Art leicht Veranlassung, dass das Nieth herausgerissen und die Röhre zerbrochen oder verbogen wird.

Sodann ist es nöthig, beim Herabtreiben der Futterröhren möglichst vorsichtig zu Werke zu gehn und namentlich nicht durch zu heftiges Rammen gewaltsam die Widerstände beseitigen zu wollen. Durch Erweiterung des Bohrloches, so wie durch Heben und Drehen der Röhre gelingt es oft, auf eine viel minder gewagte Art zu demselben Zwecke zu kommen. Auch der todte Druck, namentlich wenn er durch Schrauben hervorgebracht wird, giebt zuweilen einen sehr günstigen Erfolg. Dabei ist es nöthig, Stützpunkte zu bilden, welche einem aufwärts gerichteten Drucke hinreichenden Widerstand leisten. Die Darstellung derselben ist augenscheinlich viel schwieriger, als wenn es sich um einen abwärts gerichteten Zug handelte, nichts desto weniger giebt die Einfassung des Schachtes, namentlich wenn sie beinahe senkrecht ist, hierzu eine passende Gelegenheit, und besonders wenn man die Zugbänder an eine Spundwand bolzen, oder wenn man abwärts geneigte Streben gegen die Umfassungsmauer des Schachtes lehnen kann. Endlich verdient hier noch Erwähnung, dass das oben beschriebene Instrument zum Glätten der Blechröhren auch zur Untersuchung der Futterröhren sehr zweckmässig benutzt werden kann.

Bei allen Bohrarbeiten ist es nöthig, die jedesmalige Tiefe genau zu kennen, und man thut daher wohl, bei der Zusammensetzung des Gestänges ein sorgfältiges Journal über alle angeschrobenen Glieder führen zu lassen, und zwar wenn dieselben nicht genau von gleicher Länge sein sollten, sie immer einzeln zu bezeichnen, damit man jedesmal bis auf einen Zoll genau die Tiefe des Bohrloches kennt und immer weiss, wie weit die Futterröhre zurückgeblieben ist. Besonders wichtig ist diese Vorsicht bei einem Stangenbruche, oder wenn vielleicht ein Theil des Gestänges herabstürzt, weil man alsdann sogleich weiss, bis zu welcher Tiefe das Fang-Instrument herabgelassen werden muss. Bei einer bemerkten Schadhaftigkeit der Futterröhren ist diese Rücksicht gleichfalls höchst wichtig, weil man bei sehr vorsichtiger Vorbeiführung der Bohrer an dieser Stelle vielleicht die Röhre noch einige Zeit erhalten, und wenn die ganze Bohrarbeit dem Schlusse nahe ist, auch wohl die Steigeröhre noch einbringen kann.

In festem Gesteine, welches zum Abbröckeln nicht geneigt ist, wird die Futterröhre gemeinhin nicht angewendet, und ihre Anbringung ist hier insofern auch besonders schwierig, als man fortwährend Erweiterungsbohrer gebrauchen müsste, wenn man die Röhre mit dem Fortschreiten des Bohrloches immer tiefer herabtreiben wollte. Es treten jedoch beim Fortlassen dieser Röhre, namentlich für grössere Tiefen, manche Uebelstände ein. Das Gestänge ist nicht so steif, dass es sich nicht biegen sollte, und wenigstens der Theil, der unter dem Wechselstücke (Fig. 42) sich befindet, wird gewiss bei jedem Stosse des Bohrers einbiegen, aber auch selbst der darüber befindliche wird schwanken und bald hier, bald dort gegen die Wände des Bohrloches stossen. Auf solche Art findet bei dem fortwährenden Gegenstossen und Reiben ein starker Angriff der Wände statt, und die Masse des abgestossenen Materials ist der Länge des Bohrloches proportional, so dass sie bei einem tiefen unbefestigten Bohrloche viel grösser wird als diejenige, welche der Bohrer selbst löst und daher die eigentliche Bohrarbeit weit häufiger durch das Auslöffeln unterbrochen werden muss, was wieder den Nachtheil der öftern Wiederholung der zeitraubenden Aushebung des Gestänges nach sich zieht. In dieser Beziehung erreicht man schon

einen grossen Vortheil, wenn man etwa, nachdem 100 oder 200 Fuss die Bohrarbeit fortgesetzt ist, einen Röhrenstrang herablässt und alsdann mit einem Bohrer, der der lichten Weite der Röhre entspricht, die Arbeit fortsetzt. Bei Anwendung von Röhren aus gewalztem Eisen stehn dieser Methode keine wesentlichen Schwierigkeiten entgegen. Es bleibt indessen noch ein anderer Uebelstand zu besorgen, wenn die Röhre nicht unmittelbar dem Bohrloche folgt, der glücklicher Weise sich wahrscheinlich nur selten, und wohl nur in dem Falle ereignet, wenn das Gebirge sehr ungleich ist und etwa Kieselgeschiebe in der Kreide eingesprengt sind. Es kann sich nämlich ereignen, dass der Bohrer auf der einen Seite einen festen Stein und auf der andern die weichere Hauptmasse trifft, was die Folge hat, dass der Bohrer sich nach der letzten Seite wendet und hier stark ausweicht. Man bemerkt dieses aber nicht, wenn man nicht die feste Futterröhre benutzt, die wenigstens Gelegenheit geben würde, den Angriff des Bohrers auf das vorstehende feste Gestein zu richten. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die fernere Wirksamkeit des Bohrers sehr erschwert wird, wenn das Bohrloch an einer Stelle die senkrechte Richtung verlässt, wie es in diesem Falle geschehn muss, und namentlich werden die Fange-Instrumente ihren Zweck ganz verfehlen, wenn sie gerade an solchen Stellen benutzt werden sollen. Bei einer Bohrarbeit war man 700 Fuss tief herabgegangen, als beim Heben des Bohrers ein Stangenbruch erfolgte und der grösste Theil des Gestänges herabstürzte, so dass das abgebrochene Ende etwa in 100 Fuss Tiefe zu suchen war. Alle Versuche, dasselbe zu heben, waren fruchtlos, und nachdem man ein halbes Jahr hindurch sich zu diesem Zwecke vergeblich bemüht hatte, so entschloss man sich endlich, um nicht die ganze Arbeit aufzugeben und dabei noch das kostbare Gestänge von 600 Fuss Länge zu verlieren, bis zu demselben einen 3 Fuss weiten Schacht herabzuführen, was in Beziehung auf den Wasserzudrang keine Schwierigkeit hatte. Nachdem dieses geschehn, ergab sich, weshalb alle Versuche zum Fassen des Gestänges missglücken mussten. Der Bohrer hatte nämlich ein eingesprengtes festes Geschiebe getroffen und war dadurch so weit seitwärts getrieben, dass das Bohrloch, welches 5 Zoll Durchmesser haben sollte,

ter dieser Stelle nicht mehr kreisförmig, sondern elliptisch
r, und zwar maass die grosse Axe bis 13 Zoll, während die
eine nur 5 Zoll hatte. Das abgebrochene Ende des Gestänges
ckte aber in dieser Erweiterung gerade in demjenigen Schei-
der Ellipse, der von dem obern Bohrloche am weitesten
fernt war.

Zur Vollendung eines Artesischen Brunnens gehört endlich
ch die Steigeröhre, oder diejenige Röhre, durch welche
aufgeschlossene Quell zur Erdoberfläche heraufsteigt. Die
igeröhren sind, nachdem sie eingebracht, keinen gewaltsamen
schädigungen wie die Futterröhren ausgesetzt, dagegen muss
n bei ihnen in der Wahl des Materials besonders vorsichtig
n, damit sie nicht durch das fortdauernd durchfliessende Was-
chemisch angegriffen werden, und überdies müssen sie auch
sserdicht sein, damit sie weder einen Theil des aufgenomme-
n Quellwassers ausfliessen lassen, noch auch dasselbe mit
derm minder reinen Wasser sich vermischen kann. Was die
ste Rücksicht betrifft, so erscheint die Anwendung des Eisens
d namentlich die des Schmiedeeisens sehr bedenklich. De-
usée führt an, dass solche Röhren nach vier bis fünf Jahren
einzelnen Stellen vom Roste zerfressen waren und das Was-
r entweichen liessen. Eine Verzinnung auf der innern Seite
nn diesem Uebelstande kaum begegnen, da neben den Niethen
d in den Stössen sich immer unbedeckte Stellen finden, und
mentlich wenn dieselbe Röhre schon beim Bohren als Futter-
hre gedient hat, so muss man sich darauf gefasst machen,
ss ein grosser Theil des Zinnüberzuges bereits abgescheuert
. Die Einbringung neuer Röhren ist aber sehr schwierig, in-
m dabei das Bohrloch zum Theil verschüttet zu werden pflegt
d man dasselbe durch frisches Aufbohren reinigen muss.

Dauerhafter sind die gusseisernen Steigeröhren; man dreht
e an den Enden sorgfältig ab, so dass sie scharf schliessen
d versieht jeden Stoss mit vier Schraubenlöchern. Wenn sie
fgestellt werden sollen, bringt man in den Verbindungen, so-
ohl auf der innern, als auf der äussern abgedrehten Fläche,
nen fetten Ueberzug an, schiebt und dreht sie alsdann sorg-
ältig aufeinander und schraubt die Bolzen ein, doch müssen

letztere weder von innen, noch von aussen vorstehn. In sch
haltigem Wasser sind Zinkröhren besonders zu empfehlen.
häufiger Anwendung und sehr dauerhaft sind aber dünne K
röhren, die von innen verzinnt und mit Hartloth in den
kalen Fugen gelöthet sind. Die einzelnen Röhrenstücken
den mittelst übergeschobener Ringe mit einander lose ve
den, worauf man mit dem schon oben erwähnten Feuer
die Röhre erwärmt und geschmolzenes Zinn dazwischen g
Die Blechstärke des Kupfers braucht nur 1 bis höchstens
nien zu betragen. Diese Röhren haben den grossen Vo
dass sie etwas biegsam sind und sich daher selbst in ei
regelmässiges Bohrloch ohne Beschädigung einbringen la
Die Kosten für solche Röhren sind freilich nicht unbede
doch fallen sie im Vergleiche zu dem Arbeitslohne und z
Kosten des Bohrens selbst nur geringe aus, und wenn ma
einer schwierigen Anlage dieser Art ein günstiges Result
Ende erreicht hat, so ist es gewiss keine Verschwendung,
ses für eine lange Reihe von Jahren zu sichern.

Häufig wendet man zu den Steigeröhren auch hölzerne
ren an, dieselben müssen aber aus einem Holze bestehn,
weder den Geschmack des Wassers verdirbt, wie dieses
beim Eichenholze (wenigstens im Anfange) der Fall ist,
auch darf dasselbe besonders vergänglich sein. Gewöhnlich
man Kiefern- oder Ellernholz, und die Röhren, die etwa 8
lang sind, erhalten einen äussern Durchmesser von 7 Zoll
eine lichte Weite von 3 Zoll. Die Zusammensetzung der
zelnen Stücke geschieht am vortheilhaftesten nach der Fig.
in der Seitenansicht und *b* im Durchschnitte dargestellten
mittelst eines angeschnittenen Zapfens und eines eingelas
breiten eisernen Ringes, der beide Enden überdeckt; von a
werden alsdann noch drei oder vier Federn an beide Rö
stücke genagelt, um eine festere Verbindung darzustellen.
Einsetzen dieser Röhren wird das obere Ende des bereits
gestellten Theiles mit der Zwinge (Fig. 56) gefasst, und
dem Rahmen im Schachte gehalten. Alsdann stellt man
nächste Verlängerungsstück ein, und indem die Zapfen
Ringe genau schliessend bearbeitet sind, so sind nur e
Schläge mit der Handramme erforderlich, um beide Theile

rerbinden. Ist dieses geschehn, so werden die Federn
, und nunmehr wird eine zweite Zwinge an die eben
e Röhre geschroben und mit dem Hebezeuge gefasst,
n die erste losschraubt und die ganze Röhre so weit
dass jene über dem Rahmen sich befindet. Zuwei-
kt man sie auch in der Art, dass die unterste Röhre
passenden Klotze aufsteht, den das Gestänge trägt;
n das Gestänge verlängert, schiebt man zugleich die
Röhrenstücke auf, und wenn endlich die ganze Röhre
ist, so wird das Gestänge aus dem Klotze heraus-
n, oder auf andere Art gelöst und der Klotz durch-
den Quell eintreten zu lassen.

Einbringen der Steigeröhren muss man mit grosser
zu Werke gehn, um jeder Beschädigung derselben
en, wodurch ihr Zweck vereitelt werden würde; zeigt
r irgendwo ein Widerstand, der nicht durch ver-
Druck oder sanftes Drehn verschwindet, so muss
Röhren wieder in derselben Art, wie sie versenkt
herausheben und zerlegen und zunächst die Aufräu-
s Bohrloches vornehmen. Sollte es sich aber treffen,
ile der Steigeröhre sich lösen und in das Bohrloch
en, so hebt man sie mittelst eines Fange-Instru-
relches in eine Spitze endigt, von der nach oben
erichtet drei Federn ausgehn. Indem die letzteren
is grössere Fläche als den innern Querschnitt der
ispannen, so treffen sie von unten die Röhrenwand
n die Röhre. Dieses Instrument stimmt ungefähr
Fig. 49 dargestellten überein und unterscheidet sich
rch, dass die Federn in umgekehrter Stellung ange-
d.

n die Steigeröhre eingebracht ist, so kann man, so-
öglich ist, die Futterröhren entfernen, was aber häufig
ngt; jedenfalls sucht man noch den leeren Raum rings
teigeröhre auszufüllen und zwar entweder durch einge-
sehr zähen Thon, oder noch häufiger durch schnell
en Mörtel, der aber die Eigenschaft haben muss, dass
unter Wasser bindet.

§. 14.

Das Seilbohren.

Nachdem die Ausführung der Artesischen Brunnen mit Anwendung fester Gestänge ausführlich beschrieben ist, kommt es noch darauf an, auch über das **Seilbohren** oder über das **Bohren nach der Chinesischen Methode** Einiges mitzutheilen.

Es ist bereits erwähnt worden, dass diese Methode weniger üblich ist, als die erste; sie findet ihre Anwendung nur im Felsboden und selbst hier zeigt sie sich im Allgemeinen minder wirksam, als jene. Der Vortheil des leichteren Herausnehmens und Einbringens der Bohrer wird durch die Unsicherheit der Wirkung oder durch die vermehrte Anzahl der nöthigen Stösse aufgehoben.*) Trifft es sich aber, dass Bohrer herabstürzen oder stecken bleiben, oder ähnliche Zufälligkeiten eintreten, so wird die Unzulänglichkeit dieser Methode am auffallendsten. Ihr Vorzug besteht nur in der grössern Wohlfeilheit des Apparats und dieser Umstand kann sie allerdings bei kleineren Bohrarbeiten in Felsboden zuweilen empfehlen, bei grösseren tritt aber schon die Abnutzung des Seiles entgegen, welches an den Wänden des Bohrloches stark schleift, auch wird die Elasticität des Seiles, die bei jedem einzelnen Stosse des Bohrers eintritt, bei zunehmender Tiefe sehr nachtheilig und bedingt einen höheren Hub als der Bohrer erhalten soll, wodurch ein grosser Theil der Betriebskraft verloren wird. Nach den bei Saarbrücken gemachten Erfahrungen muss ein 36 Lachter langes Seil oben 20 Zoll gehoben werden, damit der angehängte Bohrer 10 Zoll hoch springt. Diese Ausdehnung des Seiles findet übrigens schon beim ruhigen Hängen des Bohrers statt und daraus entspringt der Nachtheil, dass man beim Seilbohren die Tiefe des Bohrloches nie genau kennt. Noch wäre zu bemerken, dass man

---

*) Bei Artern versuchte man, während die Arbeit gerade in gutem Betriebe war, die Wirksamkeit dieser Methode, allein der Erfolg zeigte sich so unzulänglich, dass man sogleich zum festen Gestänge wieder überging.

Zur Entfernung des Bohrschlammes dient auch hier der Löffel mit dem Ventile oder der Kugel, und mittelst desselben kann man auch flüssige Sandschichten durchfahren. Trifft man aber einen schweren Boden und namentlich Thon, so wendet man in Frankreich einen Apparat an, der in zwei zugeschärften, auch wohl mit Zähnen versehenen Eisenplatten besteht, die unten 1 bis 2 Zoll von einander abstehn, oben aber sich etwas weiter entfernen. Beim wiederholten Aufstossen dringt die zähe Erde in die Spalte hinein und füllt nach und nach den Raum zwischen den beiden Platten, so dass sie gehoben werden kann.

Am unzulänglichsten zeigt sich die Seilbohrmethode, wenn es darauf ankommt, herabgefallene Gegenstände zu fassen, besonders wenn dieselben im Bohrloche feststecken. Alle früher beschriebenen Fange-Instrumente werden beim Gebrauche gedreht, oder man versucht wenigstens in gewissen Richtungen sie zum Angriffe zu bringen, sobald aber das Seil das feste Gestänge ersetzt, so hört jedes sichere Einstellen und Drehn auf. Man hat daher besonders hier jene Scheeren und Zangen versucht, von denen oben die Rede gewesen ist und die zum Theil noch durch besondere Zugleinen geöffnet werden. Ich übergehe auch hier ihre nähere Beschreibung und will nur des in Fig. 62 Taf. V. dargestellten Fangekorbes erwähnen, der seinen Zweck zu erfüllen pflegt, wenn das Seil gerissen ist und es nur darauf ankommt, das herabgefallene Ende desselben zu fassen. Er besteht aus vier Stahlfedern, die durch einen darübergleitenden starken Ring zusammengedrückt werden, damit letzterer sich aber regelmässig bewegt, so ist er mit einem zweiten Ringe verbunden, der die Axe des Korbes umfasst. Man schiebt beim Gebrauche dieses Instrumentes die Ringe so weit zurück, dass die Federn geöffnet sind, wie die Figur zeigt, und indem man es auf den Boden des Bohrloches herabfallen lässt, so sinkt der Ring tiefer herab und schliesst dadurch die Federn. Man giebt dem Korbe auch wohl die Einrichtung, dass bei fortgesetztem Drehn des Seiles der Ring herabgeschroben wird, dabei geschieht es aber leicht, dass der ganze Korb an der Drehung Theil nimmt, wodurch die Schraube unwirksam wird und das bereits gefasste Seil herabfällt.

In Bezug auf das Seil ist noch zu erwähnen, dass man dasselbe zuweilen in gewissen Abständen mit hölzernen Flügeln [illegible], um das Schlottern gegen die [illegible] zu verhindern. Dieser Zweck wird [illegible] nur unvollständig erreicht, wenn man nicht die Flügel so gross macht, dass sie [illegible] das Bohrloch füllen und man sie [illegible] in Abständen von [illegible] bis 10 Fuss von einander anbringt. Sie hindern [illegible] in einem Grade die Bewegung und schwächen den [illegible] Stoss des Bohrers, namentlich wenn das Bohrloch mit Wasser gefüllt ist.

Eine einfache Vorrichtung für das Seilbohren, die der bei [illegible] ähnlich ist, zeigt Fig. [illegible] und zwar a in der Seitenansicht und b im Grundrisse. Das Seil A, welches den Bohrer trägt und in das Bohrloch herabhängt, ist über die starke und breite Rolle B geführt und sodann an die Welle des Spillrades C geschlungen, womit der Bohrer aufgewunden wird. Zum Herablassen des Bohrers dient ein Bremsapparat D E, der aus einem Hebel besteht, welcher von unten gegen die Stirnfläche des Spillrades drückt. Soll der Bohrer oder auch der Löffel in Wirksamkeit gesetzt und abwechselnd gehoben werden und herabfallen, so wird in die Rolle B, die eben zu diesem Zwecke die grosse Breite erhalten hat, ein Hebel F G eingesteckt, der sodann mit einem elastischen Prellbalken H J in Verbindung gesetzt werden kann, die Rolle B ist aber mit sechs passend ausgeschnittenen Löchern versehen, von denen man im Grundrisse zwei bemerkt, und ausserdem ist in ihrem Umfange eine Kimme neben diesen Löchern angebracht, worin das Seil liegt. Will man den Hebel F G gebrauchen, der während des Herablassens des Bohrers entfernt werden musste, so dreht man das Spillrad so weit, dass der Bohrer auf dem Boden des Bohrloches aufsteht, und stellt diesen Hebel in dasjenige Loch, welches eine etwas höhere Stellung hat, als man erhalten will. Sollte aber hier gerade kein Loch eintreffen, so kann man mittelst des Hebels die Rolle B unter dem Seile so weit drehn, bis dieses erreicht ist. Nunmehr kommt es darauf an, das Seil an der Rolle B zu befestigen; zu diesem Zwecke drückt man es von oben fest auf, lässt das Spillrad zurücklaufen und fasst eine Schlinge des Seiles, zieht dieselbe um den Hebel herum und zwischen dem

Seile und der Rolle durch und bindet sie mit einer dünnen Leine an den Hebel. Diese Schlinge wird besonders durch das Seil, das sie gegen die Rolle drückt, festgehalten, und die Leine, womit sie noch angebunden wird, ist daher keineswegs dem ganzen Zuge ausgesetzt. Man muss aber dafür sorgen, dass diese Leine nicht längs dem Hebel gleiten kann, und ausserdem ist es zur Schonung des Seiles auch nothwendig, die scharfen Kanten des Hebels zu brechen und abzurunden. Hierauf drückt man den Hebel herab und verbindet ihn mittelst einer Leine oder eines Riemens mit dem Prellbalken. Sobald die Arbeiter einige Uebung erlangt haben, ist es leicht, das Seil so zu befestigen, dass nach dem von selbst erfolgenden Festziehen des Knotens der Bohrer in der passenden Höhe hängt, während der Hebel die bequemste Stellung einnimmt. Alsdann wird der Hebel unmittelbar herabgedrückt, und indem das Uebergewicht auf der andern Seite der Rolle befindlich ist, so schnellt er wieder von selbst zurück, während der Bohrer herabfällt und aufstösst. Man muss aber, wie schon erwähnt, beim Seilbohren die Hubhöhe vergrössern, indem ein Theil derselben durch die Elasticität des Seiles aufgehoben wird, und ausserdem das geringere Gewicht und die vermehrte Reibung die Kraft des Stosses sehr mässigen.

Bei der Bohrarbeit, die man vor einiger Zeit bei Ehrenbreitstein behufs der Eröffnung warmer Quellen begonnen hatte, war statt des Seiles eine dünne eiserne Schiene angewendet worden. Eine solche gewährt den Vortheil, dass sie nicht so stark federt als ein Seil und daher die erwähnte Vergrösserung der Hubhöhe bei ihr nicht nöthig ist, sodann ist es aber auch wahrscheinlich, dass ihre Abnutzung nur unbedeutend bleibt. Die eiserne Schiene oder das Eisenbandseil hat eine Breite von 3 Zoll und eine Stärke von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll; die einzelnen Theile sind durch sorgfältiges Verniethen mit einander verbunden. Man hatte sich durch vorherige Versuche überzeugt, dass das nothwendige abwechselnde Krümmen und Geradeziehn der Schiene beim Aufwinden und Herablassen keinen Bruch veranlasst, wenn die Krümmung nach einem recht grossen Halbmesser erfolgt. Aus diesem Grunde hat sowohl die Rolle, die das Eisenbandseil in das Bohrloch führt, als auch die Welle, auf

Treibbalken herabziehn, so bildet sich in der Schiene
tte Krümmung, wodurch der Bohrer gehoben wird, der
achlassen der Zugseile wieder herabfällt und dabei auf-
)

.m Schlusse mag hier noch in wenig Worten der ge-
rten Gestänge Erwähnung geschehn, welche Selligue
ohrbrunnen neben der Kriegsschule in Paris anwendete
lche zwischen dem festen Gestänge und dem Seile unge-
der Mitte stehn. Nach der Seilbohrmethode war das
h auf etwa 600 Fuss herabgetrieben, als das Seil riss
r Bohrer sich dabei so fest klemmte, dass er nicht mehr
a Zangen am Seile gefasst und gehoben werden konnte.
uchtlosen Versuche, ihn herauszuschaffen, verursachten
n so starkes Abbröckeln der Seitenwände, dass der Boh-
d einige Fuss hoch mit Steinschutt bedeckt war, und auf
rt alle Hoffnung verschwand, ihn mit den vorhandenen
ten wieder zu erreichen. Selligue musste sich daher zur
ing eines festen Gestänges entschliessen, er richtete das-
iber so ein, dass es sich um eine Trommel winden liess
durch schneller gehoben und gesenkt werden konnte.
izelnen Glieder, die 10 Fuss lang waren und eine Stärke
Linien hatten, wurden nämlich durch gabelförmige Ver-
gen und durch je zwei Schraubenbolzen zusammengesetzt,

sinnreich ist und Beifall gefunden hat, so war der Nutzen d
selben doch sehr unbedeutend, denn da das erwähnte Pris
nicht die Vorrichtung hatte, dass es bei seiner Drehung si
seitwärts verschob, so klemmten sich die Glieder, während
sich aufrollten, an den bereits auf dem Prisma befindlichen, u
diese mussten daher entfernt werden, was die Arbeit auss
ordentlich erschwerte. Ausserdem aber kann durch Verbindung
dieser Art auch kein steifes Gestänge dargestellt werden u
sonach scheint diese Erfindung keine Vortheile zu bieten.

Dritter Abschnitt.

Wasserleitungen.

---

§. [illegible]

Ausfluss des Wassers durch Oeffnungen in dünnen Wänden.

Bei Anordnung von Wasserleitungen [illegible] Bestimmung der Dimensionen derselben [illegible] zurückgehn, wonach das Wasser durch Oeffnungen [illegible] sich in Röhren und offenen Gerinnen bewegt. [illegible] Euler aufgestellten allgemeinen Gesetze der [illegible] hierzu nicht brauchbar, und [illegible] zur Erklärung der Erscheinungen [illegible] der Flüssigkeiten eintreten. [illegible] ze, selbst in den einfachsten [illegible] Integrationen führen, theils aber [illegible] ständig angesehn werden, indem [illegible] unberücksichtigt lassen. Es scheint [illegible] Flüssigkeiten zu liegen, dass die [illegible] seitig ihre Bewegung mittheilen, [illegible] bewegen kann, ohne dass [illegible] Geschwindigkeit, und zwar [illegible] Hierauf beruhn die wirbelnden [illegible] sigkeiten, welche in jenen allgemeinen [illegible] finden.

Ausserdem hat man versucht [illegible] Gesetze abzuleiten. Dieser Weg [illegible] lässig, sondern auch der einzige, [illegible] man bei Anlagen von Leitungen [illegible] sein will. Man darf diese Gesetze [illegible] so allgemein gültig ansehn, als wenn [illegible] vollständig begründet, und durch die [illegible]

[illegible] waren. Die Beobachtungen dienen alsdann nicht al[illegible]
[illegible] zur Bestimmung gewisser constanten Fact[illegible]
[illegible] sogar zur Begründung der an sich nicht motivirten Ge[illegible]
Sie müssen immer mit grosser Vorsicht ausgewählt, und weit ge[illegible]
[illegible], um den Resultaten die erforderliche Sicher[illegible]
[illegible] Wahrscheinlichkeit *) zu geben.

Wenn man von diesem Gesichtspunkte ausgeht, so über[illegible]
man sich leicht, dass fast allen Regeln und Gesetzen der Hydra[illegible]
die man gewöhnlich aufstellt, eine genügende Begründung f[illegible]
und sie müssen sogar im Allgemeinen sehr unwahrscheinlich [illegible]
und nur innerhalb gewisser Grenzen ungefähr gelten kön[illegible]
[illegible] unsere Wissenschaften, die sich auf Erfahrungen grün[illegible]
[illegible] Vorwurf. Nur die Astronomie und wenige Th[illegible]
der Physik machen davon eine Ausnahme. Man ist immer gen[illegible]
[illegible] zu verschweigen, doch schadet man dadurch der Sa[illegible]
[illegible] Mängel davon sich nur beseitigen, wenn man sie als sol[illegible]
[illegible].

Aus diesen Gründen sollen die wichtigsten Gesetze der [illegible]
[illegible] nur erörtert werden, soweit sie sich auf den Ausfl[illegible]
[illegible] Oeffnungen in der Wand eines Behälters, oder [illegible]
[illegible] beziehen. Die Bewegung des Wassers in offe[illegible]
[illegible] wird aber am passendsten bei Gelegenheit der Str[illegible]
[illegible].

Nach einem bekannten Gesetze der Hydrostatik ist der Dru[illegible]
[illegible] das Wasser auf jeden kleinen Theil der Wand eines [illegible]
[illegible], dem Gewichte eines Wasserprisma's gleich, welc[illegible]
[illegible] Theil der Wand zur Grundfläche und den verticalen [illegible]
[illegible] desselben vom freien Wasserspiegel zur Höhe hat. Die[illegible]
Druck wirkt aber normal gegen die Wandfläche. Bei grösse[illegible]
Theilen der Wand, wo der Abstand vom Wasserspiegel, auch [illegible]
Richtung der Wandfläche verschieden sein kann, lässt sich [illegible]
Gesetz über Stärke und Richtung des Druckes nicht so k[illegible]

---

*) In dem Werkchen „Grundzüge der Wahrscheinlichkeits-Re[illegible]nung. Berlin 1837," habe ich mich bemüht, die Regeln dieser Re[illegible]nungsart auf einem einfachen und anschaulichen Wege herzulei[illegible] und durch mehrfache Anwendung auf solche Fälle, die aus der Pra[illegible] des Baumeisters entnommen sind, zu erläutern.

rücken; aus der Zusammensetzung der verschiedenen Drü-
gen auf die einzelnen Theile kann man indessen immer die
ultante darstellen. Wenn der Theil der Wand, den man be-
chtet, eben und horizontal ist, so gilt für ihn das angegebene
etz vollständig, es ist aber beinahe noch gültig, wenn die
äche eben und die Abstände derselben von dem Horizonte des
ien Wasserspiegels unter sich nicht merklich verschieden sind.
ergiebt sich hieraus, dass die Wassertheilchen sich sämmtlich
einer Spannung oder unter einem Drucke befinden, welcher
er Druckhöhe oder ihrer verticalen Entfernung vom Wasser-
iegel entspricht. Das Wasser ist aber elastisch, und sonach
rden alle Theilchen mit demselben Drucke, den sie erleiden
d ausüben, auch sich zu entfernen streben, sobald sie von einer
ite frei werden. Denkt man also, dass plötzlich an einer Stelle
Wand des Gefässes beseitigt wird, so werden die zunächst
genden Wassertheilchen, indem sie sich sehr schnell wieder
sdehnen und eben deshalb die nächstfolgenden stossen und von
en gestossen werden, einen Impuls erhalten, der dem verticalen
stande vom Wasserspiegel oder der Druckhöhe entspricht, das
isst, sie nehmen dieselbe **Geschwindigkeit** an, welche sie
alten hätten, wenn sie aus der Höhe des Wasserspiegels bis
der Oeffnung frei herabgefallen wären. Im Allgemeinen kön-
n jedoch nur die ersten Wassertheilchen diese Geschwindigkeit
nehmen, die folgenden werden nur in dem Falle ebenso heftig
sspritzen, wenn der Druck vor der Oeffnung sich nicht ver-
ndert, was zuweilen geschieht. So pflegt beim schnellen Oeffnen
Hahns neben der Ausflussmündung eines Springbrunnens der
rahl sich im ersten Momente viel höher zu erheben, als später,
chdem die regelmässige Strömung in der Röhre eingetreten ist.
s gleichem Grunde spritzt der soeben erbohrte Artesische Quell
ter dem vollen hydrostatischen Wasserdrucke viel höher, als
äter geschieht, indem der Druck nur nach Maassgabe des Zu-
sses sich ersetzt.

Das Wasser, welches durch die kleine Oeffnung in der Wand
s Behälters ausströmt, ersetzt sich mittelbar aus derjenigen
asserschicht, welche die freie Oberfläche bildet. Es entsteht
mlich weder vor der Oeffnung, noch an irgend einer andern
elle im Innern der Wassermasse ein leerer Raum, sondern der

Wasserspiegel senkt sich. Wenn man daher unter dem allgemeinen mechanischen Gesichtspunkte die Verhältnisse beurtheilt, so kommt man zu dem Resultate, dass die ausströmende Wassermenge wirklich die Geschwindigkeit hat, die der ganzen Druckhöhe entspricht, dabei ist aber vorausgesetzt, dass keine Widerstände eintreten, welche einen Verlust an lebendiger Kraft veranlassen. Es kommt darauf an, zu prüfen, inwiefern die Erfahrung dieses bestätigt.

Man nehme ein Gefäss, welches durch eine treppenartig gebrochene Fläche begrenzt wird, deren untere Seite im Innern des Gefässes liegt. Versieht man die horizontalen Ebenen, welche den Trittstufen einer Treppe entsprechen, mit feinen Oeffnungen, so bilden sich bei der Füllung des Gefässes eben so viele springende Strahlen, die zwar unter verschiedenen Druckhöhen austreten, aber sämmtlich beinahe die Höhe des Wasserspiegels im Gefässe erreichen. Da nun nach den bekannten Gesetzen der Mechanik die Geschwindigkeit eines frei aufsteigenden Körpers in derselben Art abnimmt, wie die des frei fallenden Körpers zunimmt, so darf man den Schluss ziehn, dass die bemerkten geringen Unterschiede nur vom Widerstande der Luft herrühren, und dass die Geschwindigkeit, womit das Wasser ausspritzt, eben so gross ist, als wenn dasselbe von der Oberfläche bis zu den Ausflussöffnungen frei herabgefallen wäre. Diesen Satz sprach zuerst Torricelli im Jahre 1643 aus und er hatte die Begründung desselben in dem erwähnten Versuche gefunden.

Es blieb indessen ungewiss, ob die geringe Verminderung der Steigröhre nur durch den Widerstand der Luft veranlasst wird, oder ob vielleicht die Geschwindigkeit des austretenden Wassers nicht ganz so gross ist, als jenes Gesetz besagt. Die Versuche von Michelotti haben die Richtigkeit der ersten Voraussetzung und sonach auch den Torricellischen Lehrsatz bestätigt. Bei diesen Versuchen wurde aber nicht die Höhe des springenden Strahls gemessen, die niemals mit Sicherheit bestimmt werden kann, vielmehr liess Michelotti den Strahl aus einer verticalen Wand hervorspringen und bestimmte die Curve, welche er bildete. Wenn der Torricellische Lehrsatz richtig wäre, so müsste der Strahl eine halbe Parabel beschreiben, deren Parameter der vierfachen Druckhöhe gleich ist. Michelotti bestimmte durch Messung der Coordinaten die Parameter von drei Parabeln, die sich unter

höhen von ungefähr 7, 12 und 22 Fuss bildeten und fand
erhältnisse der wirklichen Druckhöhen zu denen, die sich
obiger Voraussetzung aus der Messung ergaben, gleich

1 : 0,993
1 : 0,988 und
1 : 0,983,

us man ersieht, dass die Unterschiede bei kleineren Druck-
n und folglich bei kleineren Geschwindigkeiten, wobei der
erstand der Luft geringer ist, noch nicht ein Procent errei-
n; mit zunehmender Geschwindigkeit wachsen sie etwas an,
dieser Umstand bestätigt die Vorraussetzung, dass hierin nur
Widerstand der Luft sich zu erkennen giebt.

Man sollte hiernach vermuthen, dass die Wassermenge,
in der Zeiteinheit durch eine kleine Oeffnung abfliesst, gleich
e dem Producte aus dem Flächeninhalte der Oeffnung in die
chwindigkeit, welche der Druckhöhe entspricht. Dieses ist
essen nicht der Fall, alle Beobachtungen zeigen vielmehr, dass
klich weniger Wasser ausfliesst. Diese Beobachtungen geben
r auch zu erkennen, dass unter übrigens gleichen Umständen
Wassermengen den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen pro-
tional sind, oder dass sie zu jenen Producten in einem be-
mten Verhältnisse stehn. So ergiebt sich durch Interpolation
von Poncelet und Lesbros gefundenen Resultate, dass durch
quadratische Oeffnung von 2 Decimeter Seite, unter dem
cke von

0,40 — 0,70 — 1,00 — 1,30 und 1,60 Meter,

ssermassen ausflossen, die sich zu einander verhielten, wie

1,000 : 1,330 : 1,590 : 1,806 : 2,000

sehr genau mit dem Verhältnisse der Quadratwurzeln aus
Druckhöhen übereinstimmt, dieses ist nämlich

1,000 : 1,323 : 1,581 : 1,803 : 2,000

lässt sich sonach die wirklich ausfliessende Wassermenge be-
nen, wenn der Flächeninhalt der Oeffnung in einem bestimmten
hältnisse verkleinert, oder mit einem aus den Beobachtungen
geleiteten constanten Factor multiplicirt wird; letzteren nennt
gewöhnlich den Contractions-Coefficient. Die genaue
mittelung desselben hat seit langer Zeit die Physiker beschäftigt,
wenn gleich der grösste Theil der angestellten Beobachtungen

und Messungen nur in sehr kleinem Maasstabe ausgeführ
so befinden sich darunter doch manche, die sich auf grö
Oeffnungen beziehn und deren Resultate daher eine sichere
wendung auf Schützöffnungen und dergleichen gestatten.
den älteren Beobachtungen dieser Art sind besonders di
gen wichtig, die Michelotti, sowohl der Vater als der Sohn
gestellt haben. Beide benutzten dazu das Wasser des Doria,
sie in einiger Entfernung von Turin nach einem Thurme füh
der nur zu diesem Zweck gebaut war, und wo die Druckhöh
auf 24 Fuss vergrössert werden konnte.

Unter den neueren Arbeiten müssen vorzugsweise die
Poncelet und Lesbros erwähnt werden, die sich ebensowohl d
die angewandte Sorgfalt, als auch dadurch auszeichnen, dass
sehr grosse Wassermenge, die beliebig aus der Mosel entnon
wurde, zu den Versuchen verwendet werden durfte. Eine
Beschreibung der Beobachtungsmethode und des ganzen Ap
tes *) wird schon insofern hier nicht überflüssig sein, al
verschiedenen Rücksichten und Vorsichtsmaassregeln, die ma
Anstellung hydraulischer Messungen zu nehmen hat, sich
sehr klar herausstellen; ausserdem aber wird sich hiernach
um so sicherer die Zuverlässigkeit der gefundenen Resultat
urtheilen lassen. Die Versuche wurden auf Veranlassung
französischen Kriegsministeriums in den Jahren 1827 und
angestellt, und die Vorkehrungen, die dabei getroffen waren,
folgende. Innerhalb der Festungswerke zu Metz hat die
ein Gefälle von 4 Meter; davon konnte jedoch nur ein kl
Theil als Druckhöhe für den ausfliessenden Wasserstrahl be
werden, denn der grösste Theil desselben war für das zw
mässige und bequeme Auffangen und Abführen des ausström
Wassers erforderlich. Die grösste Druckhöhe, die man dars
betrug $1\frac{1}{2}$ Meter oder $4\frac{3}{4}$ Rheinländische Fuss. Die vorhan
Bassins und Stauanlagen, welche im fortificatorischen Inte
hier bestehn, eigneten sich nicht zu den Beobachtungen, i
keine Aenderungen daran gestattet waren. Es wurde sonac
besonderes Bassin für das Druckwasser von ungefähr 1600

*) *Expériences hydrauliques sur les lois d'écoulement de l*
par Poncelet et Lesbros. Paris 1832.

meter oder 112 Quadratruthen Flächeninhalt ausgegraben und Deichen eingeschlossen, welches durch einen Zuleitungscanal dem Oberwasser der Mosel in Verbindung stand. Es konnte liebig trocken gelegt und bis 3,7 Meter oder $11\frac{3}{4}$ Fuss mit asser angefüllt werden. Um den Wasserstand in diesem Bassin f jeder Höhe constant zu erhalten, während bei jedem Versuche ne verschiedene Wassermenge consumirt wurde, war es nöthig, n Ab- und Zufluss willkührlich zu reguliren und ausserdem e Höhe des Wasserstandes sehr genau zu messen. Jener Zuitungscanal wurde demnach mit einem Schütz versehn, und aus m Bassin wurde das Wasser nicht nur durch diejenigen Oeffungen abgeführt, deren Ergiebigkeit man messen wollte, sondern sserdem noch durch einen seitwärts belegenen Grundablass, der lso zur Regulirung des Wasserstandes diente, sobald einige eränderung desselben sich bemerken liess. Der Grundablass atte zugleich den Zweck, das Bassin am Schlusse jeder Beobchtungsreihe trocken zu legen. Bei der grossen Ausdehnung es Bassins erzeugte jedoch theils der Wind einen merklichen Vellenschlag, theils aber liessen sich auch nach Maassgabe des desmaligen Abflusses gewisse partielle Strömungen erkennen. eide Uebelstände wurden beseitigt, indem eine Weidenpflanzung arin angelegt wurde.

Zur Beobachtung des Wasserstandes dienten besondere Pegel. iese bestanden aus sorgfältig bearbeiteten Maasstäben, die am fer lothrecht aufgestellt, und mit Nonien versehn waren, die urch Stellschrauben bewegt werden konnten. Die Nonien waren erbunden mit abwärts gekehrten Stahlspitzen, deren Berührung it dem Wasserspiegel sich sehr genau beobachten liess. Die inzelnen Millimeter (0,46 Linien) konnte man unmittelbar abesen, doch gaben sie keineswegs die Grenze der Genauigkeit n, vielmehr war es unter günstigen Umständen nicht schwer, die ehntheile der Millimeter durch Schätzung zu bestimmen. Von iesen Maasstäben waren an dem erwähnten Bassin drei angebracht, ie während der Versuche fortdauernd beobachtet wurden; der rste befand sich ohnfern der Mündung des Zuleitungscanals, der weite in einer Entfernung von 4 Meter von der Abflussöffnung nd der letzte unmittelbar neben derselben, und zwar diente dieser auptsächlich, um die Senkung des Wasserspiegels über der

sinnreich ist und Beifall gefunden hat, so war der Nutzen desselben doch sehr unbedeutend, denn da das erwähnte Prisma nicht die Vorrichtung hatte, dass es bei seiner Drehung sich seitwärts verschob, so klemmten sich die Glieder, während sie sich aufrollten, an den bereits auf dem Prisma befindlichen, und diese mussten daher entfernt werden, was die Arbeit ausserordentlich erschwerte. Ausserdem aber kann durch Verbindungen dieser Art auch kein steifes Gestänge dargestellt werden und sonach scheint diese Erfindung keine Vortheile zu bieten.

Dritter Abschnitt.

Wasserleitungen.

§. 15.

uss des Wassers durch Oeffnungen in dünnen Wänden.

Anordnung von Wasserleitungen und namentlich bei Beng der Dimensionen derselben muss man auf die Gesetze gehn, wonach das Wasser durch Oeffnungen ausfliesst und Röhren und offenen Gerinnen bewegt. Die zuerst von aufgestellten allgemeinen Gesetze der Hydrodynamik sind nicht brauchbar, und haben bisher noch in keinem Falle klärung der Erscheinungen gedient, die bei der Bewegung issigkeiten eintreten. Dieses rührt theils davon her, dass lbst in den einfachsten Anwendungen, zu sehr schwierigen tionen führen, theils aber können sie auch nicht als voll- angesehn werden, indem sie ein wichtiges Element ganz cksichtigt lassen. Es scheint nämlich in der Natur aller keiten zu liegen, dass die kleinsten Theilchen sich gegen- ihre Bewegung mittheilen, so dass keines derselben sich n kann, ohne dass das zunächst befindliche beinahe dieselbe indigkeit, und zwar beinahe in derselben Richtung annähme. f beruhn die wirbelnden Bewegungen im Innern der Flüsen, welche in jenen allgemeinen Gesetzen keine Erklärung

usserdem hat man versucht aus den Beobachtungen gewisse abzuleiten. Dieser Weg ist ohne Zweifel nicht nur zu- sondern auch der einzige, den man einschlagen kann, wenn ei Anlagen von Leitungen u. dergl. des Erfolges sicher ill. Man darf diese Gesetze aber nicht für so sicher und emein gültig ansehn, als wenn sie, wie mathematische Sätze, ndig begründet, und durch die Erfahrung in allen Fällen

bestätigt wären. Die Beobachtungen dienen alsdann nicht alle
wie sonst geschieht, zur Bestimmung gewisser constanten Factor
sondern sogar zur Begründung der an sich nicht motivirten Gese
Sie müssen daher mit grosser Vorsicht ausgewählt, und weit ge
ausgedehnt sein, um den Resultaten die erforderliche Sicher
oder Wahrscheinlichkeit *) zu geben.

Wenn man von diesem Gesichtspunkte ausgeht, so überz
man sich leicht, dass fast allen Regeln und Gesetzen der Hydrau
die man gewöhnlich aufstellt, eine genügende Begründung f
und die meisten sogar im Allgemeinen sehr unwahrscheinlich
und nur innerhalb gewisser Grenzen ungefähr gelten kön
Auch andere Wissenschaften, die sich auf Erfahrungen grün
trifft derselbe Vorwurf. Nur die Astronomie und wenige Th
der Physik machen davon eine Ausnahme. Man ist immer gen
dieses zu verschweigen, doch schadet man dadurch der Sa
denn Mängel lassen sich nur beseitigen, wenn man sie als so
erkannt hat.

Aus diesen Gründen sollen die wichtigsten Gesetze der
draulik hier erörtert werden, soweit sie sich auf den Ausfl
durch Oeffnungen in der Wand eines Behälters, oder
Röhrenleitungen beziehn. Die Bewegung des Wassers in off
Gerinnen wird aber am passendsten bei Gelegenheit der Str
zu behandeln sein.

Nach einem bekannten Gesetze der Hydrostratik ist der Dr
den das Wasser auf jeden kleinen Theil der Wand eines
hälters ausübt, dem Gewichte eines Wasserprisma's gleich, wel
diesen Theil der Wand zur Grundfläche und den verticalen
stand desselben vom freien Wasserspiegel zur Höhe hat. Di
Druck wirkt aber normal gegen die Wandfläche. Bei gröss
Theilen der Wand, wo der Abstand vom Wasserspiegel, auch
Richtung der Wandfläche verschieden sein kann, lässt sich
Gesetz über Stärke und Richtung des Druckes nicht so l

*) In dem Werkchen: „Grundzüge der Wahrscheinlichkeits-R
nung, Berlin 1837," habe ich mich bemüht, die Regeln dieser R
nungsart auf einem einfachen und anschaulichen Wege herzule
und durch mehrfache Anwendung auf solche Fälle, die aus der Pr
des Baumeisters entnommen sind, zu erläutern.

usdrücken; aus der Zusammensetzung der verschiedenen Pres-
ungen auf die einzelnen Theile kann man indessen immer die
Resultante darstellen. Wenn der Theil der Wand, den man be-
trachtet, eben und horizontal ist, so gilt für ihn das angegebene
Gesetz vollständig, es ist aber beinahe noch gültig, wenn die
Fläche eben und die Abstände derselben von dem Horizonte des
reien Wasserspiegels unter sich nicht merklich verschieden sind.
Es ergiebt sich hieraus, dass die Wassertheilchen sich sämmtlich
in einer Spannung oder unter einem Drucke befinden, welcher
ihrer Druckhöhe oder ihrer verticalen Entfernung vom Wasser-
spiegel entspricht. Das Wasser ist aber elastisch, und sonach
werden alle Theilchen mit demselben Drucke, den sie erleiden
und ausüben, auch sich zu entfernen streben, sobald sie von einer
Seite frei werden. Denkt man also, dass plötzlich an einer Stelle
die Wand des Gefässes beseitigt wird, so werden die zunächst
liegenden Wassertheilchen, indem sie sich sehr schnell wieder
ausdehnen und eben deshalb die nächstfolgenden stossen und von
diesen gestossen werden, einen Impuls erhalten, der dem verticalen
Abstande vom Wasserspiegel oder der Druckhöhe entspricht, das
heisst, sie nehmen dieselbe Geschwindigkeit an, welche sie
erhalten hätten, wenn sie aus der Höhe des Wasserspiegels bis
zu der Oeffnung frei herabgefallen wären. Im Allgemeinen kön-
nen jedoch nur die ersten Wassertheilchen diese Geschwindigkeit
annehmen, die folgenden werden nur in dem Falle ebenso heftig
ausspritzen, wenn der Druck vor der Oeffnung sich nicht ver-
ändert, was zuweilen geschieht. So pflegt beim schnellen Oeffnen
des Hahns neben der Ausflussmündung eines Springbrunnens der
Strahl sich im ersten Momente viel höher zu erheben, als später,
nachdem die regelmässige Strömung in der Röhre eingetreten ist.
Aus gleichem Grunde spritzt der soeben erbohrte Artesische Quell
unter dem vollen hydrostatischen Wasserdrucke viel höher, als
später geschieht, indem der Druck nur nach Maassgabe des Zu-
flusses sich ersetzt.

Das Wasser, welches durch die kleine Oeffnung in der Wand
des Behälters ausströmt, ersetzt sich mittelbar aus derjenigen
Wasserschicht, welche die freie Oberfläche bildet. Es entsteht
nämlich weder vor der Oeffnung, noch an irgend einer andern
Stelle im Innern der Wassermasse ein leerer Raum, sondern der

Wasserspiegel senkt sich. Wenn man daher unter dem allgemeinen mechanischen Gesichtspunkte die Verhältnisse beurtheilt, so kommt man zu dem Resultate, dass die ausströmende Wassermenge wirklich die Geschwindigkeit hat, die der ganzen Druckhöhe entspricht: dabei ist aber vorausgesetzt, dass keine Widerstände eintreten, welche einen Verlust an lebendiger Kraft veranlassen. Es kommt darauf an, zu prüfen, inwiefern die Erfahrung dieses bestätigt.

Man nehme ein Gefäss, welches durch eine treppenartig gebrochene Fläche begrenzt wird, deren untere Seite im Innern des Gefässes liegt. Versieht man die horizontalen Ebenen, welche den Trittstufen einer Treppe entsprechen, mit feinen Oeffnungen, so bilden sich bei der Füllung des Gefässes eben so viele springende Strahlen, die zwar unter verschiedenen Druckhöhen austreten, aber sämmtlich beinahe die Höhe des Wasserspiegels im Gefässe erreichen. Da nun nach den bekannten Gesetzen der Mechanik die Geschwindigkeit eines frei aufsteigenden Körpers in derselben Art abnimmt, wie die des frei fallenden Körpers zunimmt, so darf man den Schluss ziehn, dass die bemerkten geringen Unterschiede nur vom Widerstande der Luft herrühren, und dass die Geschwindigkeit, womit das Wasser ausspritzt, eben so gross ist, als wenn dasselbe von der Oberfläche bis zu den Ausflussöffnungen frei herabgefallen wäre. Diesen Satz sprach zuerst Torricelli im Jahre 1643 aus und er hatte die Begründung desselben in dem erwähnten Versuche gefunden.

Es blieb indessen ungewiss, ob die geringe Verminderun der Steigröhre nur durch den Widerstand der Luft veranlass wird, oder ob vielleicht die Geschwindigkeit des austretende Wassers nicht ganz so gross ist, als jenes Gesetz besagt. Di Versuche von Michelotti haben die Richtigkeit der ersten Voraus setzung und sonach auch den Torricellischen Lehrsatz bestätig Bei diesen Versuchen wurde aber nicht die Höhe des springende Strahls gemessen, die niemals mit Sicherheit bestimmt werde kann, vielmehr liess Michelotti den Strahl aus einer verticale Wand hervorspringen und bestimmte die Curve, welche er bildet Wenn der Torricellische Lehrsatz richtig wäre, so müsste d Strahl eine halbe Parabel beschreiben, deren Parameter der vie fachen Druckhöhe gleich ist. Michelotti bestimmte durch Messun der Coordinaten die Parameter von drei Parabeln, die sich unt

Druckhöhen von ungefähr 7, 12 und 22 Fuss bildeten und fand die Verhältnisse der wirklichen Druckhöhen zu denen, die sich unter obiger Voraussetzung aus der Messung ergaben, gleich

1 : 0,993
1 : 0,988 und
1 : 0,983,

woraus man ersieht, dass die Unterschiede bei kleineren Druckhöhen und folglich bei kleineren Geschwindigkeiten, wobei der Widerstand der Luft geringer ist, noch nicht ein Procent erreichen; mit zunehmender Geschwindigkeit wachsen sie etwas an, und dieser Umstand bestätigt die Vorraussetzung, dass hierin nur der Widerstand der Luft sich zu erkennen giebt.

Man sollte hiernach vermuthen, dass die Wassermenge, die in der Zeiteinheit durch eine kleine Oeffnung abfliesst, gleich wäre dem Producte aus dem Flächeninhalte der Oeffnung in die Geschwindigkeit, welche der Druckhöhe entspricht. Dieses ist indessen nicht der Fall, alle Beobachtungen zeigen vielmehr, dass wirklich weniger Wasser ausfliesst. Diese Beobachtungen geben aber auch zu erkennen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Wassermengen den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen proportional sind, oder dass sie zu jenen Producten in einem bestimmten Verhältnisse stehn. So ergiebt sich durch Interpolation der von Poncelet und Lesbros gefundenen Resultate, dass durch eine quadratische Oeffnung von 2 Decimeter Seite, unter dem Drucke von

0,40 — 0,70 — 1,00 — 1,30 und 1,60 Meter,

Wassermassen ausflossen, die sich zu einander verhielten, wie

1,000 : 1,330 : 1,590 : 1,806 : 2,000

was sehr genau mit dem Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Druckhöhen übereinstimmt, dieses ist nämlich

1,000 : 1,323 : 1,581 : 1,803 : 2,000

Es lässt sich sonach die wirklich ausfliessende Wassermenge berechnen, wenn der Flächeninhalt der Oeffnung in einem bestimmten Verhältnisse verkleinert, oder mit einem aus den Beobachtungen hergeleiteten constanten Factor multiplicirt wird; letzteren nennt man gewöhnlich den Contractions-Coefficient. Die genaue Ermittelung desselben hat seit langer Zeit die Physiker beschäftigt, und wenn gleich der grösste Theil der angestellten Beobachtungen

und Messungen nur in sehr kleinem Maasstabe ausgeführt
so befinden sich darunter doch manche, die sich auf grös
Oeffnungen beziehn und deren Resultate daher eine sichere
wendung auf Schützöffnungen und dergleichen gestatten. U
den älteren Beobachtungen dieser Art sind besonders diej
gen wichtig, die Michelotti, sowohl der Vater als der Sohn
gestellt haben. Beide benutzten dazu das Wasser des Doria,
sie in einiger Entfernung von Turin nach einem Thurme füh
der nur zu diesem Zweck gebaut war, und wo die Druckhöh
auf 24 Fuss vergrössert werden konnte.

Unter den neueren Arbeiten müssen vorzugsweise die
Poncelet und Lesbros erwähnt werden, die sich ebensowohl
die angewandte Sorgfalt, als auch dadurch auszeichnen, dass
sehr grosse Wassermenge, die beliebig aus der Mosel entno
wurde, zu den Versuchen verwendet werden durfte. Eine
Beschreibung der Beobachtungsmethode und des ganzen Ap
tes*) wird schon insofern hier nicht überflüssig sein, al
verschiedenen Rücksichten und Vorsichtsmaassregeln, die ma
Anstellung hydraulischer Messungen zu nehmen hat, sich
sehr klar herausstellen; ausserdem aber wird sich hiernach
um so sicherer die Zuverlässigkeit der gefundenen Resultat
urtheilen lassen. Die Versuche wurden auf Veranlassung
französischen Kriegsministeriums in den Jahren 1827 und
angestellt, und die Vorkehrungen, die dabei getroffen waren,
folgende. Innerhalb der Festungswerke zu Metz hat die
ein Gefälle von 4 Meter; davon konnte jedoch nur ein k
Theil als Druckhöhe für den ausfliessenden Wasserstrahl b
werden, denn der grösste Theil desselben war für das z
mässige und bequeme Auffangen und Abführen des ausström
Wassers erforderlich. Die grösste Druckhöhe, die man dars
betrug 1½ Meter oder 4¾ Rheinländische Fuss. Die vorhan
Bassins und Stauanlagen, welche im fortificatorischen Inte
hier bestehn, eigneten sich nicht zu den Beobachtungen, i
keine Aenderungen daran gestattet waren. Es wurde sonac
besonderes Bassin für das Druckwasser von ungefähr 1600

*) *Expériences hydrauliques sur les lois d'écoulement de*
par Poncelet et Lesbros. Paris 1832.

atmeter oder 112 Quadratruthen Flächeninhalt ausgegraben und
t Deichen eingeschlossen, welches durch einen Zuleitungscanal
t dem Oberwasser der Mosel in Verbindung stand. Es konnte
liebig trocken gelegt und bis 3,7 Meter oder 11¾ Fuss mit
asser angefüllt werden. Um den Wasserstand in diesem Bassin
f jeder Höhe constant zu erhalten, während bei jedem Versuche
ne verschiedene Wassermenge consumirt wurde, war es nöthig,
en Ab- und Zufluss willkührlich zu reguliren und ausserdem
e Höhe des Wasserstandes sehr genau zu messen. Jener Zu-
itungscanal wurde demnach mit einem Schütz versehn, und aus
em Bassin wurde das Wasser nicht nur durch diejenigen Oeff-
ungen abgeführt, deren Ergiebigkeit man messen wollte, sondern
usserdem noch durch einen seitwärts belegenen Grundablass, der
lso zur Regulirung des Wasserstandes diente, sobald einige
eränderung desselben sich bemerken liess. Der Grundablass
tte zugleich den Zweck, das Bassin am Schlusse jeder Beob-
htungsreihe trocken zu legen. Bei der grossen Ausdehnung
s Bassins erzeugte jedoch theils der Wind einen merklichen
ellenschlag, theils aber liessen sich auch nach Maassgabe des
esmaligen Abflusses gewisse partielle Strömungen erkennen.
ide Uebelstände wurden beseitigt, indem eine Weidenpflanzung
rin angelegt wurde.

Zur Beobachtung des Wasserstandes dienten besondere Pegel.
ese bestanden aus sorgfältig bearbeiteten Maasstäben, die am
er lothrecht aufgestellt, und mit Nonien versehn waren, die
rch Stellschrauben bewegt werden konnten. Die Nonien waren
rbunden mit abwärts gekehrten Stahlspitzen, deren Berührung
t dem Wasserspiegel sich sehr genau beobachten liess. Die
zelnen Millimeter (0,46 Linien) konnte man unmittelbar ab-
en, doch gaben sie keineswegs die Grenze der Genauigkeit
, vielmehr war es unter günstigen Umständen nicht schwer, die
hntheile der Millimeter durch Schätzung zu bestimmen. Von
esen Maasstäben waren an dem erwähnten Bassin drei angebracht,
e während der Versuche fortdauernd beobachtet wurden; der
ste befand sich ohnfern der Mündung des Zuleitungscanals, der
weite in einer Entfernung von 4 Meter von der Abflussöffnung
nd der letzte unmittelbar neben derselben, und zwar diente dieser
auptsächlich, um die Senkung des Wasserspiegels über der

Oeffnung zu messen. Zur Vergleichung der drei Pegel unter
wurde der Zu- und Abfluss des Bassins unterbrochen, und
durch das Wasser ins Niveau gestellt.

Die Durchflussöffnung, worin der zu untersuchende S
sich bildete, war vierseitig, und zwar 2 Decimeter oder 7
7¾ Linien breit und eben so hoch, in einer Messingplatte au
schnitten. Man hatte aber, um das Eintreten aller derjen
Erscheinungen zu vermeiden, welche schon bei kurzen Rö
vorzukommen pflegen und wovon später die Rede sein wird,
quadratische Oeffnung durch eine Schneide begrenzt, welch
derjenigen Oberfläche der Messingplatte lag, die dem Druckw
zugekehrt war. Dass diese Platte mit grosser Vorsicht einge
war, so dass die Ränder der Oeffnung wirklich horizontal
vertical lagen, bedarf kaum der Erwähnung; doch muss d
aufmerksam gemacht werden, dass mittelst des dritten Pegels
die Höhe des untern Randes der Oeffnung bestimmt werden ko
sobald man das Wasser im Bassin weit genug gesenkt hatte.
Oeffnung wurde durch ein messingenes Schütz, das an s
untern Rande gleichfalls zugeschärft war, geschlossen, un
Maasstab an der Zugstange liess die jedesmalige Höhe der
nung beurtheilen. Hierbei zeigten sich indessen manche S
rigkeiten, denn die Platte, die das Schütz bildete, bog sich m
ein und die Zugstange behielt auch nicht unverändert ihre I
woher die Anbringung von Absteifungen und andern Vor
maassregeln und Correctionen nöthig wurde.

Das durch diese Oeffnung strömende Wasser wurde in
hölzernen Gerinne aufgefangen, und nach dem Unterwass
Mosel geführt. Man liess jedesmal so lange den Strahl aussp
ohne seine Ergiebigkeit zu messen, bis die Zu- und A
vollständig regulirt waren, oder bis man sich durch Beoba
der Pegel überzeugt hatte, dass das Wasser in dem Bassin
stieg noch fiel, sondern seine Höhe unverändert behielt.
dieser Zeitpunkt eingetreten war, ging man zur Bestimmu
Wassermenge über, und hierzu diente ein hölzerner Kasten
dem Gerinne, der ungefähr 25000 Liter oder 808 Cub
fasste. Ueber diesem Kasten befand sich im Boden des Ge
eine Klappe, bei deren Oeffnung die ganze durchfliessende
sermenge in den Kasten stürzte; wurde also beim Schlage

n Secunde die Klappe geöffnet und nach Verlauf einer
ı Anzahl von Secunden wieder geschlossen, so fing man
Kasten die ganze Wassermenge auf, die während dieser
eiströmte, oder die in einer gleichen Zeit aus der Oeff-
lossen war. Die erwähnte Klappe schloss indessen nicht
enug, um ein Durchtröpfeln des Wassers zu verhüten;
würde aber offenbar schon vorher der Kasten zum Theil
orden sein. Man brachte deshalb noch eine zweite leichte
mittelbar über dem Kasten an, die jedesmal beim Oeffnen
iessen der Klappe zurückgezogen oder vorgeschoben wurde.
endlich die in dem Kasten aufgefangene Wassermenge
n, genügte es nicht, nur die Höhe der Füllung zu beob-
denn man durfte weder eine genau prismatische Form,
h eine absolute Steifigkeit der Seitenwände voraussetzen,
bauchten diese sich aus, sobald Wasser hineinfloss. Man
her neben den Kasten ein am Boden mit einem Hahne
s Fass auf, welches 968 Liter oder 845 Quart maass.
illte man widerholentlich mit Wasser an und entleerte es
Kasten; bei letzterem wurde aber jedesmal mittelst eines
der denen am Bassin ganz gleich war, die Höhe des
piegels gemessen, und man konnte sonach auch umge-
rch einfaches Ablesen des Pegels den jedesmaligen Inhalt
ens ermitteln. Der Kasten war übrigens am Boden mit
hn versehn, und wurde, so oft nur geringe Wasser-
aufgefangen werden sollten, durch Zwischenwände ver-
damit aus der beobachteten Höhe um so sicherer der
efunden werden könnte.

den Contractions-Coefficient, oder das Verhältniss der
ausfliessenden Wassermenge gegen diejenige zu ermitteln,
erhalten würde, wenn durch alle Theile der Oeffnung
ser mit der Geschwindigkeit durchströmte, die der jedes-
Druckhöhe entspricht, so muss zunächst untersucht wer-
die augenscheinlich vorhandene Differenz in der Druck-
sser Betracht gelassen werden darf, oder ob sie auf das
einen merklichen Einfluss behält. Bei sehr kleinen oder
n Oeffnungen ist offenbar die im Mittelpunkte derselben
nde Druckhöhe als die gemeinschaftliche zu betrachten,
nn b die Breite eines horizontalen Abschnittes der Oeff-

nung, dh die Höhe desselben und h die mittlere Druckhöhe bedeutet, während g wie gewöhnlich den Raum bezeichnet, den ein frei fallender Körper in der ersten Secunde durchläuft; so würde, wenn alle Theilchen frei herabfielen, die Wassermenge oder

$$dM = 2\,b\,.\,dh\,.\sqrt{gh}$$

sein. Der Fall, dass auch b variabel ist, wie dieses etwa bei kreisförmigen Oeffnungen geschieht, ist hier ausser Betracht geblieben, indem er auf diese Beobachtungen nicht Anwendung findet. Es folgt hiernach

$$M = \tfrac{4}{3}\,b\,.\sqrt{g}\,.\,h\,.\sqrt{h} + Const.$$

Nennt man h diejenige Druckhöhe, die dem Mittelpunkte der Oeffnung entspricht, und a die ganze Höhe der Oeffnung, so erhält man

$$M = \tfrac{4}{3}\,b\sqrt{g}\left[(h + \tfrac{1}{2}\,a)^{\frac{3}{2}} - (h - \tfrac{1}{2}\,a)^{\frac{3}{2}}\right]$$

oder $$M = \tfrac{2}{3}\,b\,h\,.\,2\sqrt{gh}\left[(1 + \frac{a}{2\,h})^{\frac{3}{2}} - (1 - \frac{a}{2\,h})^{\frac{3}{2}}\right]$$

Für den Fall, dass die Oeffnung über den Wasserspiegel herausreicht, kommt der obere Theil, der kein Wasser abführt, nicht weiter in Betracht. Man hat alsdann

$$h = \tfrac{1}{2}\,a$$

und sonach $$M = \tfrac{4}{3}\,b\,h\,.\,2\sqrt{2\,g\,h}$$

oder wenn man die Druckhöhe über dem untern Rande der Oeffnung mit H bezeichnet,

$$h = \tfrac{1}{2}\,H$$

also $$M = \tfrac{2}{3}\,b\,H\,.\,2\sqrt{g\,H}$$

Das heisst, es wird in diesem Falle der dritte Theil weniger ausfliessen, als wenn die ganze Oeffnung dem Drucke H ausgesetzt wäre.

Wenn dagegen der obere Rand der Oeffnung unter dem Wasserspiegel liegt, oder wenn

$$\tfrac{1}{2}\,a < h$$

ist, so kann man leicht den obigen Werth für M in eine stark onvergirende Reihe verwandeln. Man erhält nämlich

$$M = a\,b\,.\,2\sqrt{gh}\left(1 - \frac{1}{96}\cdot\frac{a^2}{h^2} - \frac{1}{2048}\cdot\frac{a^4}{h^4} - \dots\right)$$

er Factor vor der Parenthese bezeichnet die Wassermenge, welche irch die Oeffnung ausfliessen würde, wenn die Druckhöhe überall leich h wäre, und man kann die Reihe in der Parenthese oder n zweiten Factor unbedenklich gleich Eins setzen, oder die Verchiedenheit des Druckes vernachlässigen, sobald $\frac{a}{h}$ ein kleiner bruch ist. Selbst wenn $a = \frac{1}{2}h$ wäre, oder der Wasserspiegel ur um die anderthalbmalige Höhe der Oeffnung über dem obern Rande derselben läge; so würde der Fehler, den man durch Vernachlässigung der folgenden Glieder begeht, nur etwa $\frac{1}{4}$ Procent etragen, und bei der Unsicherheit, womit die meisten Beobachtungen behaftet sind, dürfte dieser Grad der Schärfe genügen. Hiernach ist in den nachstehend mitgetheilten Resultaten die Aenderung les Druckes nur bei den Ponceletschen Beobachtungen und denen, lie an Schleusenschützen angestellt sind, berücksichtigt worden.

Die folgenden Mittheilungen sind grossentheils aus dem Werke von d'Aubuisson *) entnommen, doch sind die Dimensionen der Oeffnungen und die Druckhöhen über den Mittelpunkten au Rheinländisches Maass reducirt:

A. Kreisförmige Oeffnungen.

Beobachter	Durchmesser	Druckhöhe	Contractions-Coefficient.
1) Mariotte . . .	3,1 Linien	5,69 Fuss	0,692
2) Derselbe . . .	3,1 „	25,17 „	0,692
3) Castel	4,6 „	0,16 „	0,673
4) Derselbe . . .	4,6 „	0,99 „	0,654
5) Derselbe . . .	6,9 „	0,44 „	0,632
6) Derselbe . . .	6,9 „	0,96 „	0,617
7) Eytelwein . . .	1 Zoll	2,35 „	0,618
8) Bossut	1,04 „	4,14 „	0,619
9) Michelotti . .	1,04 „	7,10 „	0,618
10) Castel	1,15 „	0,53 „	0,629
11) Weisbach . . .	1,51 „	1,78 „	0,606
12) Venturi . . .	1,57 „	2,80 „	0,622
13) Bossut	2,06 „	12,14 „	0,618
14) Michelotti . .	2,06 „	7,01 „	0,607
15) Derselbe . . .	3,10 „	7,14 „	0,613
16) Derselbe . . .	3,10 „	12,14 „	0,612
17) Derselbe . . .	3,10 „	21,54 „	0,597
18) Derselbe . . .	6,20 „	6,72 „	0,619
19) Derselbe . . .	6,20 „	11,66 „	0,619

*) *Traité d'hydraulique à l'usage des Ingénieurs par J. E. d'Aubuisson de Voisins.* Paris 1834.

B. Quadratische Oeffnungen.

Beobachter	Seite des Quadrats	Druckhöhe	Contractions-Coefficient
1) Castel	4,6 Linien	0,16 Fuss	0,655
2) Bossut	1,03 Zoll	12,14 „	0,616
3) Michelotti . .	1,03 „	12,14 „	0,607
4) Derselbe . . .	1,03 „	21,76 „	0,606
5) Bossut	2,06 „	12,14 „	0,618
6) Michelotti . .	2,06 „	7,14 „	0,603
7) Derselbe . . .	2,06 „	12,20 „	0,603
8) Derselbe . . .	2,06 „	21,60 „	0,602
9) Derselbe . . .	3,13 „	7,20 „	0,616
10) Derselbe . . .	3,10 „	12,20 „	0,619
11) Derselbe . . .	3,10 „	21,73 „	0,616

C. Rechteckige breite Oeffnungen.

Beobachter	Höhe der Oeffnung	Breite der Oeffnung	Druckhöhe	Contractions-Coefficient
1) Bidone . . .	0,35 Zoll	0,75 Zoll	1,05 Fuss	0,620
2) Derselbe . . .	0,35 „	1,41 „	1,05 „	0,620
3) Derselbe . . .	0,35 „	2,82 „	1,05 „	0,621
4) Derselbe . . .	0,35 „	5,65 „	1,05 „	0,626
5) Weisbach . .	0,96 „	1,93 „	0,76 „	0,657
6) Derselbe . . .	0,96 „	1,93 „	1,78 „	0,614

D. Beobachtungen von Poncelet und Lesbros an rechteckigen Oeffnungen von 7,647 Zoll Breite.

Höhe der Oeffnung	Contractions-Coefficienten für verschiedene Wasserstände über dem obern Rande der Oeffnung			
Zolle	zwischen 5 Fuss u. 2 Fuss	zwischen 2 Fuss u. 6 Zoll	zwischen 6 Zoll u. 2 Zoll	unter 2 Zoll.
7,646	0,603	0,602	0,599	0,593
3,823	0,613	0,617	0,613	0,611
1,912	0,619	0,629	0,630	0,624
1,147	0,624	0,632	nicht beobachtet	0,643
0,764	0,625	0,642	0,656	0,667
0,382	0,623	0,649	0,679	0,702

In Bezug auf die letzte Tabelle, welche die Ponceletschen Resultate enthält, ist zu bemerken, dass die angeführten Werthe der Contractions-Coefficienten grossentheils Mittelzahlen aus meh-

veren Beobachtungen sind, die innerhalb derjenigen Grenzen des Wasserstandes angestellt wurden, welche die Ueberschriften der einzelnen Spalten bezeichnen. Diese Wasserstände sind über dem obern Rande der Oeffnung gemessen, wodurch sich etwas mehr Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Coefficienten herausstellt. Hierbei ist ferner die unmittelbar über der Oeffnung eintretende Senkung des Niveau's nicht berücksichtigt, sondern die Druckhöhe ist vielmehr aus dem Wasserstande hergeleitet, den der zweite in 4 Meter Entfernung aufgestellte Pegel bezeichnete. Wenn man die Senkung des Wasserspiegels berücksichtigt, wie Poncelet gethan hat, so findet man weit grössere Anomalien, und bei den kleinsten Wasserständen steigern sich die Werthe der Coefficienten bis gegen 0,8. Die Contractions-Coefficienten sind aber in der Art berechnet, dass die wirklich ausfliessenden Wassermengen mit denjenigen verglichen wurden, welche man erhalten würde, wenn durch jeden horizontalen Schnitt der Oeffnung das Wasser ohne Contraction nur nach Maassgabe des darüber Statt findenden Druckes ausströmte. Endlich ist noch zu bemerken, dass hier nur diejenigen Beobachtungen berücksichtigt sind, die im Jahre 1828 angestellt wurden, indem die im vorhergehenden Sommer gemachten Beobachtungen weniger vollständig aufgezeichnet sind.

Schliesslich erwähne ich noch einer Beobachtung, die ich vor einigen Jahren an der neuen Schleuse zu Mühlheim an der Ruhr anstellte. Während die Unterthore und deren Schütze geschlossen waren, liess ich die Kammer durch ein Schütz in einem Oberthore füllen. Die Oeffnung hielt 9,03 Quadratfuss. Die Kammer ist 18 Fuss breit, und bis zum Abfallboden nahe 140 Fuss lang, wegen der Neigung des letztern ist der horizontale Querschnitt der Kammer in verschiedenen Höhen verschieden. Der Stand des Oberwassers über dem obern Rande der Schütz-Oeffnung betrug 8 Zoll 11 Linien, senkte sich jedoch während der Strömung unmittelbar vor den Thoren um $1\frac{1}{2}$ Zoll. An einem in der Kammer aufgestellten Maasstabe wurde das Steigen des Wassers von 6 zu 6 Zoll beobachtet, bis dasselbe den untern Rand der Durchfluss-Oeffnung erreichte. Die Rechnung ergab, wenn von der Senkung des Oberwassers abgesehn wurde, aus 10 einzelnen Beobachtungen den Werth des Contractions-Coefficient sehr verschieden, nämlich zwischen 0,57 und 0,63, im Mittel

aber 0,604. Die bedeutenden Abweichungen rührten augenscheinlich von der heftigen Strömung in der Schleusenkammer her, wobei das Wasser periodisch vor dem Maasstabe immer mehrere Zolle hoch anschwoll, und alsdann wieder sich senkte. Diese Unsicherheit der einzelnen Messungen hat aber auf die ganze Beobachtung oder den angegebenen mittleren Werth nur geringen Einfluss, und die Uebereinstimmung desselben mit dem von Poncelet bei der grössten Oeffnung und der grössten Druckhöhe gefundenen verdient bemerkt zu werden.

Die angeführten sämmtlichen Beobachtungen zeigen eine gewisse Uebereinstimmung der Werthe des Contractions-Coefficienten und derselbe scheint zu wachsen, wenn das Verhältniss der Druckhöhe zur Höhe der Oeffnung zunimmt. Für die in der Praxis vorkommenden Fälle, wo grosse Oeffnungen und verhältnissmässig kleine Druckhöhen sich am häufigsten wiederholen, dürfte man am wenigsten fehlen, wenn man den Coefficienten gleich 0,61 annimmt. Die Darstellung einer Interpolationsformel, welche für jede Weite der Oeffnung und jede Druckhöhe den Werth des Coefficienten angiebt, wie dieses Lesbros für die Beobachtungen der Tabelle D versucht hat, übergehe ich hier, da der Mangel an Uebereinstimmung mit den andern Beobachtungen doch immer nicht erlaubt, eine grosse Sicherheit den auf diese Art berechneten Resultaten beizumessen. Als erschöpfend darf man die vorliegenden Untersuchungen nicht ansehn, und wenn dieselben für manche Anwendungen auch genügen, so bleibt doch zu wünschen, dass die noch vorhandenen Zweifel gelöst und dass namentlich die vorkommenden Abweichungen aufgeklärt und die Ursache der Contraction des Strahles bestimmt nachgewiesen werde. Merkwürdig ist es, dass kreisförmige und quadratische Oeffnungen unter übrigen gleichen Umständen, beinahe dieselbe Contraction zeigen; bei einem sehr flachen Strahle nimmt dagegen der Contractions-Coefficient merklich zu.

Im Vorstehenden war nur von dem Falle die Rede, dass der Strahl frei austritt, und zugleich die ganze Ausfluss-Oeffnung füllt. Es bleibt daher noch zu untersuchen, ob die Resultate sich wesentlich verändern, wenn der Strahl in ein zweites mit Wasser gefülltes Gefäss fliesst, oder wenn über ihm die Oeffnung nicht geschlossen ist.

Die Ausfluss-Oeffnung verbinde zwei Gefässe, die bis über den obern Rand der Oeffnung mit Wasser angefüllt sind. Der in der Oeffnung stattfindende Druck wird durch den Gegendruck zum Theil aufgehoben, und die Druckhöhe, welche die Strömung bedingt, ist nur der Unterschied zwischen den beiderseitigen Wasserständen. Hiernach darf man schon vermuthen, dass das Wasser in gleicher Art strömen wird, als wenn es durch dieselbe Oeffnung und unter einem Wasserdrucke, welcher der Niveau-Differenz gleich ist, als freier Strahl austräte. Eine Verschiedenheit des Druckes und der Geschwindigkeit in den höheren und tieferen Theilen der Oeffnung wird hier aber nicht stattfinden. Vielfache Beobachtungen haben in der That gezeigt, dass durch gleiche Oeffnungen bei gleichem Drucke auch gleiche Wassermengen abfliessen, und dass der Umstand, ob der Strahl frei in die Luft oder unter Wasser austritt, keinen Unterschied macht. Besonders wichtig sind in dieser Beziehung die Messungen, die man über die Zeit der Füllung von Schleusenkammern angestellt hat. Die Resultate, welche Eytelwein in seinem Handbuche der Hydraulik in Betreff der Füllung der zweiten massiven Schleuse am Bromberger Canale anführt, und welche sich auf zwei verschiedene Höhen des Schützenzuges beziehn, gehören ganz hierher, indem man die Beobachtungen nicht früher anfing, als bis der Wasserspiegel in der Schleuse über den obern Rand der Einflussöffnung gestiegen war. Die Breite der Oeffnung betrug in beiden Fällen 2 Fuss, ihre Höhe war zuerst 1 Fuss 4 Zoll, und alsdann 1 Fuss 9¼ Zoll. Die Druckhöhe war im Anfange der Beobachtung gleich 7 Fuss, verminderte sich aber in dem Maasse, wie die Schleusenkammer sich füllte, und die Beobachtung geschah in der Art, dass man die Zeiten notirte, in welchen das Wasser 1 Fuss, 2 Fuss u. s. w. stieg. Wenn man die letzte Angabe vernachlässigt, oder diejenige, welche sich auf die vollständige Füllung der Kammer bezieht, die sich nicht scharf beobachten lässt, so folgt aus der ersten Beobachtungsreihe der Contractions-Coefficient gleich 0,613, aus der letzten dagegen 0,636. Die einzelnen Beobachtungen zeigen aber so grosse Abweichungen, dass dieser Unterschied der Hauptresultate nicht gerade auffallen darf.

Aehnliche Beobachtungen führt auch Navier in der neuen Ausgabe von Belidor's *Architecture hydraulique* und d'Aubuisson

im angeführten Werke an, die theils an einer Schleuse des Canal du Midi und theils zu Hâvre angestellt sind. Jene geben den Contractions-Coefficient bei verschiedenen Wiederholungen zwischen 0,594 und 0,647, im Mittel aber 0,625 und diese bei einmaliger Messung gleichfalls 0,625. Es muss aber bemerkt werden, dass bei diesen beiden Beobachtungen der Strahl Anfangs noch nicht unter Wasser ausströmte, sondern dieses erst gegen die Mitte jedes Versuches geschah; nichts desto weniger können auch diese Messungen zur Bestätigung des aufgestellten Satzes dienen, indem sie wenigstens zeigen, dass keine bedeutende Abweichung stattfindet. Die Berechnung solcher Beobachtungen und die Herleitung des Contractions-Coefficient aus denselben geschieht in der Art, dass für die Zeit, wo ein Theil der Oeffnung unter und ein Theil über dem Spiegel des Wassers in der Schleusenkammer sich befindet, jener nach der zuletzt aufgestellten Regel, und dieser nach der früheren als frei ausfliessender Strahl behandelt werden muss; was aber das allmälige Steigen des Wassers in der Schleusenkammer und die Einführung des Ausdruckes für die Zeit betrifft, in welcher eine bestimmte Höhe erreicht wird, so braucht hiervon, als von einer rein analytischen Aufgabe, nicht die Rede zu sein.

In Betreff der zweiten von den beiden angedeuteten Modificationen, wobei nämlich die Ausflussöffnung über das Oberwasser herausreicht, und sonach die Wasserfäden in dem obern Theile des Strahles gar keinem Drucke ausgesetzt sind, so ist schon oben bemerkt worden, dass für den Wasserstand H über dem untern Rande der Oeffnung, und wenn keine Contraction stattfände, die ausfliessende Wassermenge sein müsste

$$M = \frac{2}{3}\, b\, H \,.\, 2 \sqrt{g\, H}$$

Es kommt darauf an, zu prüfen, ob die Beobachtungen auch hier einen Contractions-Coefficient ergeben, der dem oben gefundenen ungefähr gleich ist. Dass das Wasser in dem obern Theile des austretenden Strahles sich gar nicht bewegen sollte, insofern es keinem Drucke ausgesetzt ist, ist nicht anzunehmen, da es offenbar von den darunter befindlichen Schichten, auf welchen es frei aufliegt, mit fortgerissen wird; dagegen zeigt sich bei diesen Beobachtungen noch eine sehr starke Senkung

s Wasserspiegels vor der Oeffnung. Wenn man diese unbeachtet lässt, und die Druckhöhe nach dem Niveau in einiger Entfernung vor der Oeffnung bestimmt, so wird dadurch gewissermassen eine Ausgleichung hervorgebracht, und man darf wieder so wesentliche Verschiedenheit der Gesetze nicht erwarten.

Zur Ermittelung des Contractions-Coefficient für diesen Fall nd auch vielfache Messungen angestellt. Bidone fand ihn nach rei Beobachtungen gleich 0,607 und aus andern sechs Beobachtungen im Mittel gleich 0,603. D'Aubuisson dagegen im Mittel aus sechs Beobachtungen bei den sehr kleinen Wasserständen von 1 bis 2 Zoll gleich 0,617. Besonders wichtig sind ier aber die Messungen von Poncelet und die, welche Eytelwein in seinem Handbuche der Hydraulik anführt. Ich mache it den letzteren den Anfang. Sie wurden in einem Bache eben Bromberg vom Bau-Inspector Kypke angestellt.

Breite der Oeffnung	Druckhöhe über dem unteren Rande	Contractions-Coefficient.
0,500 Fuss	1,250 Fuss	0,632
0,833 „	0,900 „	0,621
1,167 „	0,720 „	0,633
1,500 „	0,596 „	0,640
2,146 „	0,480 „	0,619
3,448 „	0,344 „	0,633

Bei den Beobachtungen von Poncelet und Lesbros war dagegen die Breite der Durchflussöffnung gleich 2 Decimeter oder ,647 Zoll.

Druckhöhe	Contractions-Coefficient.
7,95 Zoll	0,583
6,23 „	0,589
3,94 „	0,593
2,33 „	0,600
1,72 „	0,610
0,88 „	0,624

Poncelet selbst findet die Contractions-Coefficienten grösser d viel weniger mit einander übereinstimmend, als hier angeben, und dieses deshalb, weil er die von Navier für diesen ll eingeführte Methode zum Grunde legt. In derselben sind

nämlich die lebendigen Kräfte aus der Senkung des Wasserspiegels hergeleitet, und daraus die in Vergleichung gestellten Wassermengen berechnet.

Nach der von mir gewählten Berechnungsart, die schon Eytelwein eingeführt hatte, stimmen die Contractions-Coefficienten mit denjenigen überein, die man für den Fall gefunden hat, wenn das Wasser im Ausflussbehälter noch den obern Rand der Oeffnung bedeckt. Dieses Verfahren gewährt auch den Vortheil, dass man auf die Senkung des Wasserspiegels vor der Oeffnung nicht Rücksicht zu nehmen braucht und man der sehr ungewissen Schätzung derselben ganz überhoben ist.

Nachdem gezeigt worden, dass die Wassermenge, welche durch die Oeffnung in der Wand eines Gefässes ausfliesst, nicht so gross ist, als man nach der Grösse der Oeffnung und nach der Druckhöhe erwarten sollte, dass sie vielmehr in einem beinahe constanten Verhältnisse jederzeit kleiner ausfällt, und nachdem schon früher nachgewiesen ist, dass die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers wirklich der jedesmaligen Druckhöhe entspricht, so kann jener Unterschied der Wassermengen nur dadurch erklärt werden, dass der Wasserstrahl an der Stelle, wo er die volle Geschwindigkeit erreicht hat, was jedenfalls in der Nähe der Oeffnung geschehn muss, einen Querschnitt bildet, der in einem constanten Verhältnisse kleiner, als der Flächeninhalt der Oeffnung ist. Die Beobachtungen zeigen auch sehr deutlich, dass der Strahl beim Austreten aus der Oeffnung dünner wird, und dieses nicht nur, wenn er senkrecht herabfällt, wo die Abnahme seines Durchmessers eine Folge der Beschleunigung wäre, welche die Wassertheilchen bei dem nunmehr eintretenden freien Falle erfahren, sondern die Verminderung des Querschnittes dicht hinter der Oeffnung giebt sich auch sehr augenscheinlich zu erkennen, wenn der Strahl horizontal oder senkrecht aufwärts spritzt.

Für den Fall, dass die Oeffnung kreisförmig ist, hat man schon seit langer Zeit die eintretende Verminderung des Durchmessers durch directe Messung zu bestimmen versucht; wenn dieses aber durch Abmessen mit einem Tasterzirkel aus freier Hand geschieht, so kann es nicht fehlen, dass man den Durchmesser im Allgemeinen etwas zu gross darstellt, indem man die

geringste Einsenkung der Zirkelspitze in den Strahl sehr auffallend bemerkt, während andrerseits eine geringe Entfernung davon sich nicht so leicht zu erkennen giebt. Die Resultate der früheren Messungen ergaben, dass der Durchmesser des Strahles sich im Vergleiche zu der Oeffnung ungefähr im Verhältnisse, wie 1 zu 0,80 vermindert. Michelotti's genauere Beobachtungen sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Druckhöhe	Durchmesser der Oeffnung	kleinster Durchmesser	Abstand des letzten von der Oeffnung.
6,7 Fuss	6,209 Zoll	4,902 Zoll	2,45 Zoll
11,7 „	6,209 „	4,894 „	2,45 „
7,1 „	3,104 „	2,439 „	1,22 „
12,1 „	3,104 „	2,432 „	1,19 „
21,5 „	3,104 „	2,344 „	1,15 „

Vernachlässigt man die kleinen Differenzen, die eine Verminderung des kleinsten Durchmessers des Strahles bei zunehmendem Drucke zeigen, so nimmt nach den ersten beiden Beobachtungen der Durchmesser des Strahles im Verhältnisse von 6,209 zu 4,898 und nach den drei letzten im Verhältnisse von 3,104 zu 2,405 ab, und es folgt daraus der Coefficient für die Verminderung des Durchmessers des Strahles 0,789 und 0,775 und für die des Querschnittes des Strahles 0,622 und 0,601. Das Mittel aus den beiden letzten Werthen ist zufälliger Weise wieder sehr nahe dem obigen Contractions-Coefficient oder dem Verhältnisse 0,61 gleich, und es ergiebt sich hieraus, dass die unmittelbare Messung des Querschnittes des Strahles dieselbe Verminderung zeigt, welche man aus der ausströmenden Wassermenge hergeleitet hat. Hiernach erklärt und rechtfertigt sich auch die Benennung Contractions-Coefficient.

In der letzten Columne der vorstehenden Tabelle sind endlich noch die Abstände der stärksten Contraction des Strahles von der Oeffnung angegeben; die Bestimmung derselben ist indessen ziemlich unsicher und es kommt hierauf für den vorliegenden Zweck auch nicht weiter an, woher ich nur bemerke, dass dieser Abstand ungefähr dem halben kleinsten Durchmesser gleichkommt. Der Theil des Strahles, der zunächst der Oeffnung liegt, bildet also einen abgestutzten Kegel,

und das Verhältniss des Durchmessers der Oeffnung zu dem des kleinsten Querschnittes und zum Abstande beider ist

1 : 0,78 : 0,39.

Wenn die Ausflussröhre nicht kreisförmig ist, sondern eine geradlinige Figur bildet, so zeigt sich die auffallende Erscheinung, dass die Querschnitte des Strahles nicht mehr der Oeffnung entsprechen, sondern in geringem Abstande von der letztern die vortretenden Ecken abgestumpft werden, und weiterhin statt derselben tiefe Furchen sich bilden, wogegen der Strahl in der Mitte der Seiten stark anschwillt. So geschieht es, dass bei regelmässigen Figuren sich einige Aehnlichkeit mit der Form der Ausflussöffnung in einiger Entfernung wieder zeigt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Ecken gerade auf die Mitte der Seiten treffen. Sie bleiben indessen nicht an dieser Stelle, rücken vielmehr in geringer Entfernung wieder soweit, dass sie den Ecken der Oeffnung entsprechen, um bald wieder aufs Neue überzuspringen. Bei Strahlen, die aus dreiseitigen Oeffnungen unter starkem Drucke austreten, kann man bis 10 solcher Knoten deutlich unterscheiden.

Am genausten haben Poncelet und Lesbros diese Erscheinung beobachtet, indem sie in bestimmten Entfernungen kleine Rahmen um den Strahl anbrachten, von welchen aus sie scharfe Stahlspitzen bis zur Berührung gegen den Strahl schroben und dadurch seine Form bestimmten. Diese Messungen sind insofern sehr wichtig, als sie auf manche Umstände hinweisen, die beim freien Ausflusse des Wassers in Betracht kommen, und in dieser Beziehung sind in Fig. 69 und 70 auf Taf. VI. die Seitenansicht und die Querschnitte des Strahles mitgetheilt, wie die Messungen sie ergaben. Die Seitenansicht Fig. 69 zeigt einen Strahl, der aus einer quadratischen Oeffnung von 2 Decimeter oder 7,647 Zoll Weite unter einem Drucke von 1,68 Meter oder 5,353 Fuss über dem Mittelpunkte der Oeffnung tritt. Die mit *a, b, c* u. s. w. bezeichneten punktirten Linien weisen die Stellen nach, wo die auf gleiche Art bezeichneten senkrechten Querschnitte gemessen sind. Bei letzteren ist zugleich die Lage der Oeffnung angegeben worden. Es ergiebt sich aus diesen Querschnitten die oben bezeichnete Form des Strahles. Der Einfluss der Schwere ist in den letzten Profilen schon zu erkennen, in-

dem nicht nur der Strahl sich im Allgemeinen senkt, und der untere Flügel höher ist, als der obere, sondern ausserdem bemerkt man auch deutlich, dass beide Seitenflügel in dem Profile *i* sich schon abwärts neigen. Weiterhin hatte der Strahl nicht mehr die constante Form, und es trat ein Ablösen einzelner Tropfen ein, woher die Messung nicht weiter ausgedehnt werden konnte.

Poncelet und Lesbros haben für die gemessenen Querschnitte auch die Flächeninhalte berechnet; ich will diese Resultate hier gleichfalls mittheilen und zwar nur, um zu zeigen, dass der von Poncelet berührte scheinbare Widerspruch gegen ein bekanntes Gesetz der Mechanik einen sehr natürlichen Grund hat, was sich aus Poncelet's Darstellung nicht ergiebt. Die Flächen der einzelnen Querschnitte und ihr Verhältniss zur Fläche der Oeffnung sind folgende:

Profil	Abstand: Centimeter	Querschnitt: Quadrat-Centimet.	Verhältniss.
—	0,0	400,00	1,000
a	6,4	252,05	0,630
b	11,0	245,12	0,613
c	15,0	237,46	0,594
d	20,0	233,01	0,583
e	25,0	232,04	0,580
f	30,0	225,06	0,563
g	35,0	239,48	0,599
h	40,0	243,62	0,609
i	45,0	244,27	0,615

In dieser Art stellt Poncelet selbst in einer Tabelle die Resultate zusammen. Die starke Verminderung der Fläche im Profil *f* gab Veranlassung, die Messung derselben (jedoch nur aus der früher aufgetragenen Figur) zu wiederholen. Ihr Werth stellte sich dabei auf 226,925 und bei nochmaliger Wiederholung auf 226,848 Quadrat-Centimeter. Das Verhältniss zur Fläche der Durchfluss-Oeffnung war demnach 0,567. Wenn man die Differenzen der Zahlen, die in der letzten Spalte enthalten sind, aufsucht und unter sich vergleicht, so lassen sie ein sehr complicirtes Gesetz vermuthen, und besonders auffallend sind dabei die Unregelmässigkeiten, die das Profil *f* zeigt. Man kann nicht umhin, einigem Verdachte in Bezug auf die Richtigkeit der

Messung Raum zu geben; man müsste aus diesem Grunde
vermuthen, dass dieses Profil und sonach auch das Verhält
desselben grösser wäre, als es angegeben ist.

Der gegen das Profil *f* angeregte Zweifel erklärt indes
noch keineswegs die starke Verengung, oder die grosse
schwindigkeit des Strahles in allen nächsten Profilen. Ich
die Resultate der Rechnung hier speciell mittheilen. Die O
nung hat eine Breite und eine Höhe von 20 Centimeter,
Druckhöhe über ihrem Mittelpunkte beträgt 1,68 Meter, und
flossen wirklich aus 137,778 Liter. Wenn man die Oeffn
als Grundfläche eines Wasserprismas betrachtet, das mit
Geschwindigkeit austritt, die dem Drucke entspricht, so wü
man erhalten 229,63 Liter, und zwar macht es hierbei we
Unterschied, ob man die Verschiedenheit des Druckes auf
verschiedenen Theile der Oeffnung in Betracht zieht, oder nic
es ändert sich dabei nur die letzte Decimalstelle um einige E
heiten. Hiernach ergiebt sich ein Contractionsverhältniss
0,6000, oder in einem Profile von 240,00 Centimeter Fläch
inhalt würde die Geschwindigkeit so gross sein, wie sie
mittleren Wasserdrucke auf die Oeffnung entspricht. Die
Profile *c*, *d*, *e*, *f* und *g* sind aber kleiner, als 240 Centime
daher muss in ihnen die Geschwindigkeit grösser sein, die Sun
der lebendigen Kräfte hat sich also vermehrt. Eine nähere U
tersuchung dieser Thatsache darf nicht umgangen werden,
sonst die ganze obige Herleitung, und sogar der Lehrsatz
der Erhaltung der lebendigen Kräfte bei der Anwendung auf
vorliegenden Fall zweifelhaft blieben.

Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Wass
fadens, der durch die Mitte der Oeffnung geht, und der m
leren Geschwindigkeit aller Wasserfäden, der in der Rechn
selbst schon berücksichtigt ist, erklärt nicht die starke Contr
tion, denn jene Geschwindigkeit beträgt 5,7409 Meter und d
5,7424; ihr Einfluss auf die Resultate ist also ganz unbed
tend. Eben so wenig kann die geringe Geschwindigkeit, w
die Wassertheilchen sich der Oeffnung vermöge der Ström
im Bassin nähern, hier in Betracht kommen. Es fliesst, so
die Schärfe der Messungen reicht, gleich viel Wasser aus, w
das Wasser im Gefässe still steht, oder wenn es sich se

einer sehr geringen Geschwindigkeit nähert. Nur in dem Falle, wenn das Bassin ein förmlicher Canal ist, und in demselben schon ein merkliches Gefälle sich bildet, um die Wassermenge der Oeffnung zuzuführen, pflanzt sich die frühere Geschwindigkeit beim Durchströmen durch die Oeffnung fort. Hier ist dieses nicht der Fall, und sonach muss der Grund der stärkeren Geschwindigkeit in den erwähnten Profilen in einem anderen Umstande gesucht werden. Dieses ist aber die Senkung des Strahles, nachdem er die Oeffnung passirt hat. Wegen dieser Senkung sind die vertical gemessenen Profile etwas grösser, als die gegen den Strahl normal gerichteten, und da letztere allein die wirkliche Geschwindigkeit bezeichnen, so ist dieselbe sogar noch grösser, als sie sich aus den Messungen herausstellt. Ich habe aus der mittleren Geschwindigkeit des Strahles in der Oeffnung, wie ihn die Rechnung ergiebt, nämlich 5,7424 Meter und unter der Voraussetzung, dass die Richtung derselben horizontal sei, die Senkungen für die Abstände 0,15 u. s. w. bis 0,35 also für die Profile *c* bis *g* berechnet und darnach die Zunahme der Geschwindigkeit hergeleitet. Ferner habe ich die in der obigen Tabelle angegebenen Flächen der Querprofile auf den normalen Querschnitt reducirt, und gefunden, dass sie nach Entfernung des Einflusses der Senkung des Strahles in folgenden Verhältnissen zur Durchflussöffnung stehn:

Profil *c* . . .	0,6190
– *d* . . .	0,6157
– *e* . . .	0,6213
– *f* . . .	0,6105
– *g* . . .	0,6578

Es ergiebt sich hieraus in Bezug auf das Profil *f* eine weit auffallendere Anomalie, als aus der früheren Tabelle; dagegen aber zeigen diese Verhältnisse durchaus nichts, was mit dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte im Widerspruch wäre. Der Contractions-Coefficient erreicht vielmehr hiernach noch nicht die früher angegebene Grösse, und um ihn mit der wirklich erhaltenen Wassermenge in Uebereinstimmung zu bringen, muss man noch einigen Verlust an lebendiger Kraft voraussetzen.

Fig. 70 zeigt die Seitenansicht und die Querprofile eines Strahles, der durch dieselbe Oeffnung, jedoch bei einem so

niedrigen Wasserstande durchfliesst, dass der obere Rand Oeffnung nicht benetzt wird. Der untere Rand derselben b det sich 18,03 Centimeter oder 6,894 Zoll unter dem Spi der ungesenkten Wasserfläche. Beim Punkte *A*, in einem stande von 30 Centimeter oder 11,47 Zoll beginnt die Senk und in der Oeffnung selbst beträgt sie schon 1,59 Centim oder 7,3 Linien. Das erste Querprofil *a* ist in der Oeffn genommen, die folgenden an den Stellen, die in der Sei ansicht mit denselben Buchstaben bezeichnet sind. Diese Pr sind insofern wichtig, als sie zeigen, dass die oberen Was schichten des Strahles sich nicht in ihrer Lage erhalten, sond sehr bald und namentlich im Profile *d* seitwärts herabfliesse

Im Vorstehenden sind die Erscheinungen mitgetheilt, wel beim Durchfliessen des Wassers durch Oeffnungen in dün Wänden eintreten, und zwar unter der Voraussetzung, dass Querschnitt des Gefässes viel grösser, als der der Oeffnung oder dass das Wasser ohne merkliche Geschwindigkeit sich letzteren nähert. Findet diese Bedingung nicht statt, so än sich der Contractions-Coefficient sehr bedeutend nach Maa gabe der Geschwindigkeit des zuströmenden Wassers. *) H auf wird später bei Gelegenheit der Röhrenleitungen zurück kommen werden. Die Contraction, von der hier die Rede stellt sich aber, wie nachgewiesen worden, beim Wasser u sehr verschiedenen Umständen immer nahe in gleicher Grö heraus, auch für die Luft weicht sie nach andern Beobacht gen nicht wesentlich davon ab, und selbst der Strahl des a fliessenden Sandes nimmt in einiger Entfernung unter der h zontalen Oeffnung wieder in ähnlichem Verhältnisse einen ringeren Querschnitt an. Die Ursache der Contracti darf man daher weniger in den Eigenschaften der Flüssigkei als in den allgemeinen Gesetzen der Mechanik suchen.

Newton **) erklärte zuerst und gewiss ganz richtig die scheinung, indem er sagte: „die Wassertheilchen treten n „sämmtlich senkrecht durch die Oeffnung, sondern gehen gross

---

*) Untersuchungen im Gebiete der Mechanik und Hydraulik J. Weisbach. II. Abtheilung. Leipzig 1843.

**) *Philosophiaenaturalis principia. Vol. II. Sect. VII. Probl. VI*

eils in schräger Richtung hindurch, indem sie von allen Sei-
n aus dem Gefässe zusammenfliessen und gegen die Oeffnung
nvergiren. Da sie aber ihre Richtung verändern, und die
es ausspritzenden Strahles annehmen müssen, so wird letzte-
er etwas unterhalb der Oeffnung dünner, als in der Oeffnung
elbst."

Newton untersucht die hierbei eintretenden, sehr verwickel-
n mechanischen Verhältnisse nicht näher, führt aber an, er
be in einem Strahle, der aus einer Oeffnung von $\frac{5}{8}$ Zoll aus-
at, das Verhältniss der Contraction gleich 25 : 21 oder 1 : 0,706
efunden, und macht darauf aufmerksam, dass dieses mit

$$1 : \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ oder } 1 : 0{,}7071$$

ahe übereinstimmt, woraus folgt, dass die Ergiebigkeit des
trahles eben so gross ist, als wenn die Wasserfäden sich senk-
echt bewegten, die Druckhöhe aber nur halb so gross wäre.

Navier *) hat dieses von Newton aus einer einzelnen Beob-
chtung hergeleitete Verhältniss im Widerspruch mit der ange-
ebenen Erklärung aus dem Princip der Erhaltung der lebendigen
räfte dargestellt, indem er annimmt, dass die Wassertheilchen
s unmittelbar vor der Oeffnung sich vollständig in Ruhe be-
nden, und hier plötzlich mit starkem Stosse herausgetrieben
erden. Unter dieser Voraussetzung stellt sich allerdings das
erhältniss zwischen der erlangten Geschwindigkeit und der zur
anzen Druckhöhe gehörigen, wie $1 : \sqrt{2}$ heraus. Man kann
ese Erklärung indessen nicht als richtig ansehn, weil nach
n obigen Mittheilungen die Geschwindigkeit in der That keine
erminderung erfährt.

Ausserdem ist die Voraussetzung, dass die Wassertheilchen
der Oeffnung durch einen plötzlichen Stoss in heftige Be-
egung versetzt werden, nicht richtig. In ein gläsernes Gefäss,
essen Boden die Ausfluss-Oeffnung enthielt, leitete ich mittelst
iner feinen Röhre eine gefärbte Flüssigkeit, deren Bewegung
onach nach dem Eintritt in die übrige Wassermasse deutlich
ahrgenommen werden konnte. Es ergab sich, dass der ge-

---

*) *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées.*
II. Partie. §. 52.

färbte Faden, dessen Geschwindigkeit sich aus dem Querschnitte beurtheilen liess, sich anfangs sehr langsam der Oeffnung näherte, sich aber allmälig beschleunigte, und ohne einen plötzlichen Stoss zu erfahren durch die Oeffnung drang. Dabei muss auch noch bemerkt werden, dass dieser Faden nirgend eine scharfe Ecke zeigte, sondern wenn er auch zur Seite der Oeffnung dicht über dem Boden seinen Anfang nahm, man doch immer bemerken konnte, dass er eine gekrümmte, nicht aber eine gebrochene Linie bildete. Sehr deutlich stellten sich aber die sanft gekrümmten Linien dar, wenn sie unter stärkeren Neigungen sich nach der Oeffnung zogen.

Navier hat den Contractions-Coefficient noch auf andre Art theoretisch zu begründen versucht (ebendaselbst §. 53). Er nimmt an, das Wasser bewegt sich von allen Seiten mit zunehmender Geschwindigkeit nach dem Mittelpunkte der kreisförmigen Oeffnung, so dass es beim Eintreten in die Halbkugel, welche man über die Oeffnung gelegt denkt, die der Druckhöhe entsprechende Geschwindigkeit erlangt hat. In der Kugelfläche sollen plötzlich die normal gegen die Axe gerichteten Bewegungen sich zerstören, so dass nur die Geschwindigkeiten, welche der Axe parallel sind, übrig bleiben. Die mittlere Geschwindigkeit aller Fäden in einem Quadranten auf der Kugelfläche ist demnach, wenn c die zur Druckhöhe gehörige Geschwindigkeit, und φ die Neigung gegen das Loth bezeichnet,

$$\frac{\int c . \, Cos\, \varphi \, . \, d\, \varphi}{\int d\, \varphi} = \frac{2}{\pi} \, . \, c$$

Das Verhältniss $\pi : 2$ oder $1 : 0{,}6366$ stellt allerdings den Contractions-Coefficient nahe dar, aber die ganze Herleitung ist in mehrfacher Beziehung unrichtig. Zunächst ist die mittlere Geschwindigkeit der Fäden, welche in dem Viertelkreise liegen, wesentlich verschieden von derjenigen, welche in der ganzen Halbkugel sich darstellt. Demnächst bilden die zuströmenden Wasserfäden keine scharfen Biegungen, wie ich in dem erwähnten Versuche deutlich wahrnehmen konnte. Die Geschwindigkeit des austretenden Strahles ist ferner auch nicht vermindert, und endlich beruht die ganze Vorstellung noch insofern auf einer Unmöglichkeit, als das Wasser, welches in jene Kugelfläche tritt, sich doch wieder aus derselben entfernen muss, und nicht

darin bleiben kann. Dieses würde aber geschehn, wenn nach Navier's Annahme die Geschwindigkeit jedes Fadens hier plötzlich sich vermindern sollte, während sein Querschnitt sich gleichfalls verminderte.

In neuster Zeit ist die Herleitung von Navier noch insofern etwas verändert, als man versucht hat, die Geschwindigkeit der Wasserfäden im Innern der Kugelfläche gleich $c. \, Cos \, \varphi^2$ zu setzen, wodurch unter sehr willkührlicher Annahme der Mittelwerthe jenes Verhältniss sich in

$$1 : \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 = 1 : 0{,}6169$$

verwandelt. *)

Unter allen Versuchen zur theoretischen Begründung des Werthes des Contractions-Coefficient verdient wohl diejenige vorzugsweise beachtet zu werden, die schon Dubuat **) angedeutet hat. Dieselbe beruht auf Annahmen, die auch durch andere Erscheinungen sehr wahrscheinlich gemacht werden, und welche den allgemeinen Gesetzen der Mechanik nicht widersprechen. Ausserdem wird dadurch der Contractions-Coefficient sehr übereinstimmend mit den Erfahrungen unmittelbar aus dem Grundsatze der Erhaltung der lebendigen Kraft hergeleitet.

Das Wasser fliesst nicht durch alle Theile der Oeffnung mit gleicher Geschwindigkeit. Vielfache Erfahrungen zeigen nämlich, dass das bewegte Wasser die ruhenden Wassertheilchen, die es berührt, mit sich fortreisst. Ebenso werden auch die bewegten Theilchen durch die ruhenden zurückgehalten, und so bildet sich eine allmälige Zunahme der Geschwindigkeit von dem Rande der Oeffnung bis zur Mitte derselben. Ist die Oeffnung nicht kreisförmig, so werden die gegen die Ecken der Oeffnung getriebenen Wassertheilchen von den ruhenden stärker afficirt, als die, welche in der Mitte der Seiten fliessen; jene behalten sonach eine geringere Geschwindigkeit als diese, und wenn daher die verschiedenen Geschwindigkeiten im Strahle in einer

---

*) Versuch einer Theorie der Contraction von Bäyer, Königl. Preuss. Obristlieutenant im grossen Generalstabe. Crelle's Journal für die Baukunst, Band XXV.

**) *Principes d'Hydraulique.* I. §. 5.

geringen Entfernung von der Oeffnung sich wieder ausgleichen, so fehlt es in den Kanten des Strahles an Wassertheilchen, und es bilden sich daher hier die tiefen Rinnen, welche Poncelet's Versuche so deutlich zeigen. Diese Abnahme der Geschwindigkeit des Wassers neben dem Rande bedingt aber keineswegs eine Verminderung der lebendigen Kraft, wie dieses der Fall wäre, wenn eine bereits erzeugte Geschwindigkeit durch Reibung zerstört würde. Eben so wenig wie ein Verlust an lebendiger Kraft dadurch entsteht, dass die übrigen Theile der Wand gar kein Durchfliessen gestatten, oder die Geschwindigkeit daselbst gleich Null ist, so tritt ein solcher auch hier nicht ein, wo die Nähe der Wand nur die Bildung einer mässigeren Geschwindigkeit erlaubt. Sodann muss wieder daran erinnert werden, dass nicht alle Wassertheilchen parallel mit der Axe des Strahles die Oeffnung treffen, denn wäre dieses der Fall, so könnte kein gleichmässiges Senken der Oberfläche erfolgen und vielmehr müsste ein freier cylindrischer Raum vor der Oeffnung entstehn. Es bewegen sich also die einzelnen Wassertheilchen convergirend gegen den Mittelpunkt der Oeffnung, und indem sie sich hier weder kreuzen noch durchdringen können, so müssen sie parallel zur Axe des Strahls sich weiter bewegen. Hieraus entsteht ein vermehrter Druck gegen die mittleren Fäden und sonach eine grössere Geschwindigkeit derselben. Auf diese Art kann die Geschwindigkeit des mittleren Fadens grösser werden, als diejenige, welche ihm nach Maassgabe des Wasserstandes über der Oeffnung zukommt. Es schliesst aber durchaus keinen Widerspruch in sich, wenn bei einer Bewegung eines Systems von Körpern einzelne derselben eine grössere Geschwindigkeit annehmen, als die, welche ihrer Fallhöhe entspricht, insofern andre den betreffenden Verlust tragen. Lässt man z. B. einen Wassertropfen aus der Höhe von 4 Zoll in eine Schale mit Wasser fallen, so spritzen häufig einige sehr viel kleinere Tröpfchen bis 8 Zoll hoch und wohl noch darüber; es ist also in diesem Falle eine Geschwindigkeit erzeugt, die grösser ist, als sie bei der Fallhöhe sein sollte, aber nur ein kleiner Theil der herabgefallenen Masse nimmt diese Geschwindigkeit an.

Die Voraussetzung ist sonach diese, dass das Wasser, indem es sich durch die Oeffnung in der Wand bewegt, verschie-

ne Geschwindigkeiten nach Maassgabe der Entfernung vom ande der Oeffnung annimmt. Am Rande ist sie gleich Null nd nimmt gleichmässig nach der Mitte zu, so dass sie daselbst r Maximum erreicht und möglicher Weise auch grösser sein ann, als die Geschwindigkeit, die ein einzelner Tropfen beim eien Herabstürzen aus der ganzen Druckhöhe annehmen würde. ie ganze lebendige Kraft dieses Wasserstrahles soll aber gleich ein derjenigen, die das Wasser im Gefässe durch seine Senung erzeugt. Es wird sonach in jeder Zeiteinheit nicht ein Wasserprisma, sondern ein Kegel austreten, der die Oberfläche er Oeffnung zur Basis hat und dessen Höhe der Geschwindigkeit des mittleren Fadens gleichkommt. Der Einfachheit wegen ehme ich an, dass die Oeffnung kreisförmig ist; die ganze folgende Herleitung würde indessen auch auf jede andre Figur Anwendung finden. Ich setze den Radius der Oeffnung gleich ϱ und die Geschwindigkeit des mittleren Fadens gleich c, alsdann ist die Geschwindigkeit im Abstande r vom Rande

$$v = \frac{r}{\varrho} c$$

Bezeichnet nun M die Wassermenge, die in der Zeiteinheit austritt, und L die lebendige Kraft derselben, so hat man für den dünnen Ring im Abstande r vom Rande der Oeffnung

$$d M = 2 (\varrho - r) \frac{r}{\varrho} d r \, . \, c \, \pi$$

$$\text{und } d L = 2 (\varrho - r) \left(\frac{r}{\varrho}\right)^3 d r \, . \, c^3 \pi$$

Beides integrirt in den Grenzen

$$\text{von } r = o$$
$$\text{bis } r = \varrho$$
$$\text{giebt } M = \tfrac{1}{3} \varrho^2 \pi c$$
$$\text{und } L = \tfrac{1}{10} \varrho^2 \pi c^3$$

Die verschiedenen Geschwindigkeiten der austretenden Wasserfäden gleichen sich aber bald aus, indem die mittleren von den äussern zurückgehalten und diese von jenen beschleunigt werden. Nach dieser Ausgleichung sei die gemeinschaftliche Geschwindigkeit gleich x und der Halbmesser des Wasserstrahles verwandle sich nunmehr in R, so hat man

$$M = R^2 \pi . x$$
$$L = R^2 \pi . x^2$$

Setzt man die beiden Ausdrücke für M einander gleich und e
die beiden für L, so findet man

$$x = c . \sqrt{0,3}$$
$$\text{und } R^2 = 0,6086 . \varrho^2$$

Der letzte Zahlen-Coefficient bezeichnet das Verhältniss, in
chem der Flächeninhalt der Oeffnung verkleinert werden
wenn man mit Berücksichtigung der jedesmaligen Druckhöh
ausfliessende Wassermenge finden will, und dieses stim
der That mit dem beobachteten nahe überein. Man über
sich übrigens leicht, dass, wenn kein Verlust an lebendiger
eintritt, x nichts anderes sein kann, als die der Druckhöh
Wassers entsprechende Geschwindigkeit, und sonach ist di
schwindigkeit des mittleren Fadens beim Austritt aus der Oef

$$c = 1,8258 . x$$

das heisst, um fünf Sechstheile grösser, als sie beim
Herabfallen der Wassertheilchen vom Wasserspiegel bis zur
nung sein würde.

Die vorstehende Herleitung bezieht sich nur auf die Er
nung im Allgemeinen, lässt aber alle Einzelheiten unberühr
nothwendiger Weise manche Abweichungen veranlassen mü
Schon die Verschiedenheit des Druckes gegen die höher
tiefer liegenden Theile der Oeffnung ist dabei ganz unbe
geblieben, und ebenso auch der Umstand, dass bei Oeffn
in verticalen Wänden, die sich bis über die Oberfläche des
sers erheben, die obern Schichten von den darunter befindl
auf welchen sie aufliegen, mit fortgerissen werden. Wen
Geschwindigkeit einer jeden Wasserschicht nur die Folg
daselbst stattfindenden Druckes wäre, so müsste in den
wähnten Falle die obere Schicht stille stehn; man bemerkt
wirklich, dass sie sehr stark sich bewegt, und dieses kan
davon herrühren, dass sie von den darunter befindliche
fortgetragen wird.

Ferner ist es sehr wahrscheinlich, dass die Gestal
Oeffnung einigen Einfluss auf den Contractions-Coefficien
indem die gegenseitige Einwirkung der äussern und mit

en hiervon abhängt; die Beobachtungen geben indessen weni- den Einfluss der Form, als der Weite der Oeffnung zu er- nen und auffallend ist es, dass enge Oeffnungen verhältniss- ssig mehr Wasser abführen, als weitere.

Endlich ist hierbei die Gestalt des Behälters in der Nähe r Oeffnung von wesentlichem Einfluss. Wenn nämlich das asser nicht von allen Seiten frei zufliessen kann, sondern wa eine Wand des Behälters, oder der Boden desselben die ffnung an einer Seite berührt, oder ihr sehr nahe liegt, so rstärkt sich der Strahl. Wenn dagegen die Oeffnung durch ne conische Röhre in das Innere des Behälters verlegt wird, vermindert sich die ausfliessende Wassermenge. Borda's ersuche zeigen, dass bei der letzten Anordnung der Contrac- ons-Coefficient bis auf 0,515 verringert werden kann. Man uss dabei aber vermeiden, dass der Strahl die Wände der öhre berührt, denn sonst wirkt letztere, wie eine Ansatzröhre, nd vergrössert die Ergiebigkeit der Oeffnung. Diese Erschei- ungen erklären sich ohne Zweifel durch die verschiedenartige onvergenz der Wasserfäden vor der Oeffnung, man hat bisher ber noch nicht versucht, deren Wirkung bestimmt nachzuweisen.

§. 16.

Ausfluss des Wassers durch Ansatzröhren.

Wenn das Wasser nicht durch Oeffnungen in dünnen Wän- len, sondern durch Röhren ausfliesst, so haben die Röhren ntweder grössere Längen, oder ihre Länge übertrifft nur wenig len Durchmesser der Oeffnung. Die letzten Röhren nennt man Ansatzröhren und ich will mit der Darstellung der hierbei ich zeigenden Erscheinungen den Anfang machen.

In die verticale und ebene Wand eines Blechgefässes, das twa 3 Zoll weit und 9 Zoll hoch war, schnitt ich ohnfern des Bodens eine Oeffnung von 1 Zoll Breite und $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe ein, und löthete in diese eine Messingplatte, worin sich zwei Oeff- nungen von gleicher Weite und in gleicher Höhe befanden, von lenen die eine in dünner Wand eingeschnitten, und die andre mit kurzer Ansatzröhre versehn war. Sobald ich das Gefäss

mit Wasser füllte, stellten sich beide Strahlen dicht nebene
der dar, und liessen sich leicht vergleichen. Sie untersch
sich in dreifacher Beziehung von einander:

1) Der Strahl aus der Oeffnung in der dünnen Wand einen geringeren Querschnitt, als der aus der Ansatzr
2) Derselbe sprang weiter, als der letztere. Die Gesch digkeit des Strahles wird also durch die kurze Ansatz vermindert.
3) Das äussere Ansehn beider Strahlen war auffallend schieden: der Strahl aus der Oeffnung in der dünnen W glich einem geschliffenen Glasstabe, alle Gegenstände s gelten sich darin und er zeigte keine Bewegung. Strahl aus der Ansatzröhre hatte dagegen ein mattes sehn und eine weisse Färbung, seine Oberfläche war gefurcht, und indem die Furchen wie kleine Wellen Stellung fortwährend veränderten, so entstand ein flimm der Glanz auf demselben. Doch nicht allein diese wegungen unterscheiden ihn von dem ersteren, so ausserdem war er einem starken Schwanken ausge welches in sehr kurzen Perioden sich wiederholte. S aber der Wasserstand im Gefässe sich bis auf einig nien über den Oeffnungen vermindert hatte, verschwa die Eigenthümlichkeiten des zweiten Strahles und er das Ansehn des ersteren an.

Die beiden ersten Unterschiede sind schon lange be worden, man hat auch die Wassermengen, welche durch drische Ansatzröhren abgeführt werden, durch vielfache achtungen zu ermitteln gesucht. Wählt man zur Vergleic wieder diejenige Wassermenge, welche abfliessen würde, keine Contraction des Strahles einträte, so ist das Verhä wie 1 zu 0,82. Es wird also auch hier ein Coefficient, äl dem obigen Contractions-Coefficient, eingeführt, und der desselben ist im Mittel etwa 0,82; er schwankt aber nacl verschiedenen Versuchen zwischen 0,80 und 0,83. Wenn eine grössere Uebereinstimmung, als in den Beobachtungen den Ausfluss durch Oeffnungen in einer dünnen Wand zu scheint, so rührt dieses wohl nur davon her, dass diese achtungen viel minder zahlreich und weit weniger in gröss

Maasstabe ausgeführt sind, als jene. In neuerer Zeit hat sich besonders Castel, Ingénieur der Wasserwerke zu Toulouse, mit Beobachtungen über den Effect der Ansatzröhren beschäftigt, und nicht nur die Wassermengen, sondern auch die Geschwindigkeiten untersucht, womit der Strahl ausfliesst. Nach den neuesten im Jahre 1837 zu Toulouse angestellten Beobachtungen *) gab eine cylindrische Röhre von 7,1 Linie Weite und 18,4 Linien Länge unter Druckhöhen von 8 Zoll bis 10 Fuss, nach sechs verschiedenen Beobachtungen das Verhältniss der Wassermengen sehr übereinstimmend 0,829 und die Form des Bogens, welche der Strahl beschrieb, zeigte, dass die Geschwindigkeit sich zu derjenigen, die der Druckhöhe entsprach, wie 0,826 bis 0,833 oder im Mittel wieder wie 0,829 : 1 verhielt. Es ergiebt sich also, dass in diesem Falle keine eigentliche Contraction stattfindet und der Unterschied gegen die angenommene Wassermenge allein von der Verminderung der Geschwindigkeit herrührt. Aus diesem Grunde ist der Strahl auch stärker und spritzt minder weit, als der aus der Oeffnung in dünner Wand hervortretende, wie dieses der erwähnte Versuch bestätigt.

Fragt man, woher durch die Ansatzröhre die ausfliessende Wassermenge vermehrt und deren Geschwindigkeit vermindert wird, so lässt sich nach den angestellten Beobachtungen wohl die Erklärung geben, doch ist es bis jetzt nicht gelungen, dieselbe durch Rechnung zu verfolgen. Das Wasser haftet bekanntlich an den meisten Körpern und sonach auch an den Metallen, woraus man die Röhren darstellt. Es haftet aber auch an der umgebenden Luft, und der Wasserstrahl reisst letztere mit Heftigkeit mit sich, wie man dieses bei Wasserfällen und starken springenden Strahlen wahrnehmen kann. Wird nun die Oeffnung in der dünnen Wand mit einer Ansatzröhre versehn, die sehr kurz ist und etwa noch nicht ihren innern Durchmesser zur Länge hat, so erlaubt die eintretende Contraction des Strahles es nicht, dass derselbe die Röhre irgendwo berührt, und er spritzt also ganz unabhängig von der letztern in derselben Art heraus, als ob sie gar nicht vorhanden wäre. Sobald aber die Röhre an Länge zunimmt, oder auch sobald die Geschwindigkeit sehr geringe wird, so berührt

---

*) Mitgeth. in den *Annales des Mines. Tome XIV.* Sept. u. Oct. 1838.

der Strahl an einer Stelle die Röhre und sogleich haftet er daran. Die Berührung dehnt sich aber weiter aus, während die Luft, die früher zwischen dem Strahle und der Röhrenwand befindlich war, von ersterem herausgeführt wird und sich nicht mehr ersetzen kann, weil alle Zugänge gesperrt sind. Auf solche Art ist der Druck der Luft eine zweite Veranlassung, um die Ansatzröhre vollständig mit Wasser zu füllen. Die Wassertheilchen, welche in die Oeffnung treten, können sich alsdann nicht mehr in gleicher Art wie früher so überwiegend in der Mitte anhäufen und hier die grosse Zunahme der Geschwindigkeit erzeugen, weil sonst die Röhre am Rande leer bleiben würde. Es erfolgt also eine gleichmässigere Vertheilung der Wassermasse über die ganze Fläche der Oeffnung, als früher, und die lebendige Kraft, welche die zutretenden Wassertheilchen haben, wird weniger auf die Bildung der starken Geschwindigkeit des mittleren Fadens verwandt, als auf die Vergrösserung der bewegten Masse. Auffallend ist es, dass die lebendige Kraft des aus der Oeffnung in der dünnen Wand tretenden Strahles ziemlich nahe gleich ist der lebendigen Kraft des, durch die gleich weite Ansatzröhre fliessenden Strahles, während die Wassermengen sich nahe wie 3 zu 4 verhalten.

Eine wesentliche Aenderung, welche durch die Ansatzröhre noch herbeigeführt wird, beruht darin, dass die Wassermenge, indem sie in die Röhre tritt, schon dieselbe mittlere Geschwindigkeit haben muss, die sie weiterhin behält; denn eine Aenderung dieser Geschwindigkeit würde unfehlbar die Folge haben, dass entweder das Wasser comprimirt oder ausgedehnt werden müsste, indem die Röhre an allen Stellen gefüllt bleiben muss. Der aus der dünnen Wand hervorspritzende Strahl ändert augenscheinlich seine mittlere Geschwindigkeit in den nächsten Querschnitten, weil diese einen geringeren Flächeninhalt zeigen; aber eben deshalb folgen alle Theilchen so zwanglos dem erhaltenen Impulse und der Strahl ist daher so frei von jeder innern Bewegung. Ganz anders verhält es sich mit dem Ausflusse durch die Ansatzröhre, wo die partiellen und allgemeinen Schwankungen deutlich zeigen, wie nur durch Einführung vielfacher innerer Bewegungen ein Durchfliessen unter den gestellten Bedingungen möglich war.

Wichtig sind noch andre Erscheinungen an den Ansatzröhren. Venturi versah die Ansatzröhre mit feinen Seitenöffnungen; (

ch dieselben nicht nur kein Wasser ab, sondern sie waren
ranlassung, dass der Strahl sich von der Röhrenwand
d wie aus der Oeffnung in der dünnen Wand hervorbrach.
e geschah auch noch, wenn einige Oeffnungen verstopft
, sobald aber die letzte geschlossen war, nahm der Strahl
den vollen Querschnitt ein. Man hat diesen Versuch auch
lem Recipienten der Luftpumpe wiederholt, dabei jedoch im
einen keine Aenderung wahrgenommen, und nur in einzelnen
, wo die Ansatzröhre besonders kurz war, schien der Strahl
llung der ganzen Röhre weniger geneigt zu sein, als unter
gewöhnlichen Luftdrucke. Ueberraschend ist auch die Er-
ung, die schon Daniel Bernouilli bemerkte, dass nämlich
er Seitenröhre, welche die Ansatzröhre da trifft, wo der
Strahl ungefähr die stärkste Contraction zeigen würde, sich
ein Druck, sondern vielmehr ein nach dem Strahle gerich-
Zug zu erkennen giebt, wodurch man Wasser, in wel-
die Seitenröhre eintaucht, zum Steigen bringen kann. Alle
Erfahrungen lassen vermuthen, dass das Eigenthümliche der
zröhren darin besteht, dass die Attraction der Seitenwände
ldung der Contraction gewaltsam verhindert, doch steht da-
in anderer Versuch von Venturi im Widerspruch. Dieser
dass die Ansatzröhre genau dieselbe Wassermenge lieferte,
sie ganz cylindrisch, oder wenn sie zunächst nach der Form
ntrahirten Strahles verengt, alsdann auf die Grösse der
ng allmälig erweitert und endlich wieder cylindrisch war.
ie Ansatzröhren haben oft andere Formen, als die cylin-
, und namentlich giebt man ihnen gewöhnlich die Gestalt
abgekürzten Kegels oder einer Pyramide; dabei können die
überstehenden Seiten in der Richtung der Bewegung des
s entweder convergiren, oder divergiren. Den ersten Fall
sonders Castel sehr ausführlich untersucht, und lässt man
inkel der Convergenz der gegenüberstehenden Seiten sich
Grad bis 180 Grad verändern, so kann man sowohl die
ng in der dünnen Wand, als auch die cylindrische Ansatz-
als äusserste Grenzen der conischen Ansatzröhren betrachten.
astel benutzte in der That eine ganze Reihe von conischen
röhren, die verschieden convergirten, und bestimmte sowohl
sfliessenden Wassermengen, als nach der Form des Strahles,

auch die Geschwindigkeiten; beide verglich er mit denen, wel
man nach dem Querschnitte der Ansatzröhre (und zwar am äusse
Ende, wo sie am engsten war) und nach der Druckhöhe erwar
musste, falls keine Contraction oder sonstige Hindernisse vorh
den wären. Auf diese Art stellte er zwei Coefficienten, ei
für die Wassermenge und einen für die Geschwindigk
dar; und durch Division des ersten durch den zweiten ergab si
noch ein dritter Coefficient, nämlich der der Contraction.
Bei Röhren, deren geringster Durchmesser 7,1 Linien und de
Länge 18,4 Linien betrug, wurden als Mittelzahlen von 5 u
6 Beobachtungen, die bei abwechselndem Drucke von 8 Zoll
10 Fuss angestellt waren, für die verschiedenen Convergenzwink
die folgenden Coefficienten ermittelt:

Convergenzwinkel	Coefficient der		
	Wassermenge	Geschwindigkeit	Contraction.
0° 0′	0,829	0,829	1,00
1° 36′	0,866	0,867	1,00
3° 10′	0,895	0,894	1,00
4° 10′	0,912	0,910	1,00
5° 26′	0,924	0,919	1,00
7° 52′	0,930	0,932	1,00
8° 58′	0,934	0,942	0,99
10° 20′	0,938	0,951	0,99
12° 4′	0,942	0,955	0,99
13° 24′	0,946	0,963	0,98
14° 28′	0,941	0,966	0,97
16° 36′	0,938	0,971	0,97
19° 28′	0,924	0,970	0,96
21° 0′	0,919	0,972	0,95
23° 0′	0,914	0,974	0,94
29° 58′	0,895	0,975	0,92
40° 20′	0,870	0,980	0,89
48° 50′	0,847	0,984	0,86

Castel theilt noch einige andere Reihen von Beobachtunge
mit, die sich auf Ansatzröhren von verschiedener Weite und ve
schiedener Länge beziehn; ich übergehe dieselben, da sie nic

*) Diese Beobachtungen sind in den *Annales des Mines* 183
mitgetheilt.

nügen, um das Gesetz genauer zu verfolgen, welches sich hiernach schon im Allgemeinen herausstellt. Man bemerkt sehr deutlich, wie der Coefficient der Geschwindigkeit bei der zunehmenden Convergenz wächst und der der Contraction abnimmt; beide zusammen stellen den Coefficienten der Wassermenge dar, der, soweit sich dieses aus der Tabelle beurtheilen lässt, etwa bei 13 Graden sein Maximum erreicht.

Es giebt noch einige Beobachtungen, die über die conischen oder vielmehr pyramidalen Ansatzröhren im Grossen angestellt sind. Bei den im südlichen Frankreich seit langer Zeit üblichen horizontalen Mühlrädern wird nämlich der Wasserstrahl durch eine pyramidale Zuleitungsröhre auf die Schaufeln des Rades geführt. Der Ingénieur Lespinasse untersuchte eine solche Röhre, sie war 9 Fuss 4 Zoll lang und ihr oblonger Querschnitt maass neben der Einflussmündung in den Seiten 27,9 und 37,3 Zoll, dagegen in der Ausflussmündung 5,2 und 7,2 Zoll. Die Seiten convergirten also in den Winkeln von $11\frac{1}{2}$ und $15\frac{1}{4}$ Graden. Die Druckhöhe betrug 9 Fuss 4 Zoll. Es ergaben sich aus drei Beobachtungen die Coefficienten der Wassermenge

0,987 0,976 und 0,979

Es war also der Erfolg noch günstiger, als man nach den Castel'schen Beobachtungen erwarten sollte, und es ist wichtig, dass man auch durch die gewiss ziemlich rohe Praxis dieses Mühlenbaues auf den vortheilhaftesten Convergenzwinkel geführt worden ist.

Endlich können die Ansatzröhren auch divergirend sein, d. h. sie können abgekürzte Kegel bilden, deren engere Oeffnung die Einflussmündung und deren weitere Oeffnung die Ausflussmündung ist. Diese sind es, welche den grössten Coefficient der Wassermenge darstellen, wenn man wieder das engste Profil, also hier die Einflussmündung als Querschnitt des in Vergleich gestellten Cylinders ansieht. Für die einfache Oeffnung in der dünnen Wand war der Coefficient gleich 0,61, für die cylindrische Ansatzröhre 0,82, für die divergirende conische Ansatzröhre wird er grösser als Eins und nach den Beobachtungen von Venturi und Eytelwein wächst er bis $1\frac{1}{4}$ und sogar bis $1\frac{1}{2}$. Dieses geschieht, wenn man eine convergirende conische Ansatzröhre von der Form des contrahirten Strahles unmittelbar davor anbringt und der divergirenden Ansatzröhre den neunfachen Durchmesser der kleinsten

Basis von jener zur Länge giebt und ihre Seiten unter einem Winkel von 5° 6' gegen einander neigt. In die näheren Details dieser Beobachtungen einzugehen scheint überflüssig, da eine Anwendung derselben kaum denkbar ist. Wenn man aber diese Form bei Brückenpfeilern, oder bei Ufereinfassungen in Strommündungen darzustellen versucht hat, so spricht wohl keine Erfahrung dafür, dass unter den ganz veränderten Umständen und bei den viel grösseren Dimensionen diese Form wirklich noch den Abfluss des Wassers befördert.

Es muss hierbei noch bemerkt werden, dass die in dem engsten Profile der zuletzt erwähnten Ansatzröhre erzeugte sehr grosse Geschwindigkeit keineswegs mit den allgemeinen dynamischen Gesetzen in Widerspruch steht; dieses würde nur der Fall sein, wenn das Wasser mit dieser Geschwindigkeit frei ausströmte, was jedoch keineswegs geschieht. Die ganze Wassermenge, die sich auf einmal in der Röhre befindet, ist als ein zusammenhängendes System von Körpern zu betrachten, welches gegenseitig seine Geschwindigkeit bedingt. Ist die mittlere Geschwindigkeit im engsten Profile gleich 1, so beträgt sie bei der angegebenen Gestalt der divergirenden Röhre in der Ausflussmündung noch nicht $\frac{1}{3}$, oder die Geschwindigkeit, womit das Wasser ausspritzt, ist nur etwa die Hälfte von der, die es beim freien Falle von der ganzen Druckhöhe erlangen würde. Es erfolgt sonach keine Vermehrung, sondern im Gegentheile ein sehr bedeutender Verlust an lebendiger Kraft, und es stellt sich nur in der jedesmaligen Verbindung der Wassertheilchen die Erscheinung dar, dass einzelne derselben sich schneller, die meisten aber langsamer bewegen, als man nach der Druckhöhe erwarten sollte.

§. 17.

Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

Die Bewegung des Wassers in längeren Röhrenleitungen wird zum Theil durch den Einfluss der Ansatzröhren bedingt, insofern ein Theil der Druckhöhe oder des Wasserdruckes verwendet wird, um dem Wasser beim Eintritt in die Röhrenleitung die Geschwindigkeit mitzutheilen. Der andere und gemeinhin der grössere Theil der Druckhöhe wirkt dagegen nicht auf die Erzeugung der

schwindigkeit, sondern nur auf die Ueberwindung der Widerstände, welche die Röhre der Bewegung des Wassers entgegenstellt. Eine Vergleichung der Beobachtungen bei gleich weiten Röhren, die aber verschiedene Längen haben, zeigt, dass man eine solche Zerlegung machen muss, wenn man die Resultate unter sich in Uebereinstimmung bringen will, es wird sich aber aus dem Folgenden ergeben, dass diese Beobachtungen wieder sehr genau den für cylindrische Ansatzröhren entwickelten Coefficienten der Wassermenge darstellen. Hiernach rechtfertigt es sich, dass die ganze Druckhöhe, oder die Niveau-Differenz zwischen dem Wasserspiegel und der Ausflussmündung der Röhrenleitung, oder wenn letztere unter Wasser ausmündet, die Differenz zwischen dem Ober- und Unterwasserspiegel, in zwei Theile zerlegt wird, nämlich in die Geschwindigkeitshöhe, welche die Geschwindigkeit erzeugt, und die Widerstandshöhe, welche die Widerstände überwindet, die in der Röhre der Bewegung des Wassers entgegentreten.

Bei der Wichtigkeit dieses Gegenstandes, über welchen sehr verschiedene Ansichten aufgestellt sind, scheint es nothwendig, das Historische kurz voranzuschicken.

Zunächst erwähne ich die Arbeiten von Bossut *), der selbst zwei schätzbare Reihen von Beobachtungen anstellte, die später näher bezeichnet werden sollen, und der auch die von Couplet schon früher gemachten Beobachtungen berechnete, um dadurch dem Praktiker einen Anhalt zu geben, wonach die Durchmesser der Röhren bestimmt werden könnten. Bossut zieht aus seinen eigenen Beobachtungen nur den Schluss, dass bei gleich weiten Röhren und bei gleicher Druckhöhe die Wassermengen umgekehrt den Quadratwurzeln aus den Längen der Röhren proportional sind. Im Uebrigen empfiehlt er, durch Interpolation oder mittelst graphischer Darstellung der Resultate der Beobachtungen die gesuchten Grössen näherungsweise zu entnehmen, indem er es nicht wagt, ein einfaches und gehörig sicheres Gesetz daraus abzuleiten. Er macht übrigens darauf aufmerksam, dass die Widerstandshöhe besonders in Betracht gezogen werden muss.

---

*) *Traité théorique et expérimental d'hydrodynamique par Bossut.* Paris 1787 im zweiten Bande.

Dubuat*) war der Erste, der eine allgemeine Regel zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit des Wassers in Röhrenleitungen aufzustellen versuchte. Er ging von dem Grundsatze aus, dass das Wasser bei seiner Bewegung in Röhrenleitungen, ebenso wie in offenen Gerinnen und in natürlichen Flussbetten, nur in dem Falle seine Geschwindigkeit unverändert beibehält, wenn es einen Widerstand erfährt, welcher genau die Beschleunigung aufhebt, die es nach dem jedesmaligen Gefälle annehmen sollte. Nennt man daher das relative Gefälle $\frac{1}{b}$, so ist bei unveränderter Geschwindigkeit der Widerstand, oder

$$W = \frac{2g}{b}$$

Dubuat machte ferner, ohne die Gründe dafür näher anzugeben, zunächst die Voraussetzung, dass der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit c, dem benetzten Umfange p des Profiles und umgekehrt dem Flächeninhalte q desselben, proportional sei, woraus mit Einführung einer Constante die Geschwindigkeit folgt:

$$c = m\sqrt{\frac{q}{b\,p}}$$

Diese Herleitung bezog sich indessen nur auf den Fall, dass wirklich eine ganz gleichmässige Vertheilung des Gefälles stattfindet, oder dass die Röhrenleitung so geneigt ist, dass sie die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks bildet, dessen senkrechte Kathete die Widerstandshöhe ist. Diese Bedingung ist für Röhren aber ganz unbegründet, denn wenn auch die beschleunigende Kraft nicht dem Widerstande gleich ist; so muss doch eine gleichmässige Bewegung eintreten, so lange der Querschnitt sich nicht verändert. Der Mangel an Elasticität verhindert nämlich die Anhäufung der Wassertheilchen, und der Luftdruck ihre Entfernung von einander, während die cylindrische Röhre in ihrer ganzen Länge denselben Querschnitt hat. Hiernach scheint es nicht angemessen, die Bewegung des Wassers in Röhren und in offenen Gerinnen zusammen zu behandeln.

Eine Vergleichung jenes Ausdrucks mit denjenigen Beobachtungen, welche Dubuat theils selbst angestellt, und theils

*) *Principes d'hydraulique par Dubuat.* Paris 1786.

und Couplet entnommen hatte, zeigte indessen nicht die
sehte Uebereinstimmung. Dubuat versuchte daher die Formel
iedenartig zu modificiren, bis sie endlich in der Gestalt

$$c = \frac{297 \cdot (\sqrt{\frac{q}{p}} - 0{,}1)}{\sqrt{b} - log. nat. \sqrt{b + 1{,}6}} - 0{,}3\, (\sqrt{\frac{q}{p}} - 0{,}1)$$

en Beobachtungen entsprach. Alle Grössen sind darin in
ser Zollen ausgedrückt. Bei Bestimmung von b ist aber nicht
Widerstandshöhe, sondern vielmehr die ganze Druckhöhe berück-
tigt, wiewohl Dubuat in dem Vorgehenden auf den Unterschied
chen beiden Grössen aufmerksam macht. Diese Formel ver-
cht Dubuat mit 125 einzelnen Beobachtungen, die sich theils,
schon erwähnt, auf Röhrenleitungen beziehn, theils aber auch
offene Gerinne und sogar auf grössere Canäle und Flüsse. Sie
llt im Allgemeinen die beobachteten Geschwindigkeiten ungefähr
; gemeinhin betragen die Abweichungen 1 bis 2 Procent, und
r selten zeigen sich Differenzen, die bis zu 10 Procent des
erthes steigen. Ein grosser Uebelstand ist es aber, ass von
n Coupletschen Beobachtungen, die den in der Praxis vorkom-
enden Fällen am nächsten liegen, nur einige in Vergleich ge-
gen und die meisten ganz mit Stillschweigen übergangen sind.
ersucht man es aber, diese auch nach der gegebenen Formel zu
berechnen, so zeigen sich viel grössere Differenzen.

Woltman, der zuerst die deutschen Hydrotekten mit Dubuat's
Arbeiten bekannt machte*), versuchte diese sehr complicirte For-
mel zu vereinfachen, und da es gewissermassen schon feststand,
dass der Widerstand nicht dem Quadrate der Geschwindigkeit
proportional sei, so verglich er unter Benutzung derselben Beob-
achtungsreihen die Druckhöhen mit andern Potenzen der Ge-
schwindigkeiten, und gelangte auf solche Art zu dem Resultate,
dass der Widerstand proportional sei der $\frac{7}{4}$ ten Potenz der Ge-
schwindigkeit. Unter dieser Annahme und vergleichungsweise
auch unter der Voraussetzung des Quadrats der Geschwindigkeit
bestimmte Woltman die constanten Coefficienten und berechnete
hiernach die Geschwindigkeiten für diejenigen Beobachtungen, die

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur, Band. I. Göttingen 1791.

Dubuat zusammengestellt hatte; jedoch mit Ausschluss derer, di
sich auf sehr kurze und enge Röhren bezogen. Das Resultat
der Vergleichung war, dass man bei Röhrenleitungen die $\frac{7}{4}$te und
bei offenen Leitungen die 2te Potenz der Geschwindigkeit dem
Widerstande proportional setzen müsse.

Wenige Jahre später erschien eine deutsche Uebersetzung
vom ersten Bande des Dubuatschen Werkes *), worin eine etwa
andere Umformung des Ausdruckes für die Geschwindigkeit de
Wassers in Röhrenleitungen durch Eytelwein gegeben, und stat
der $\frac{7}{4}$ten Potenz, die $\frac{35}{18}$te eingeführt wurde.

In Eytelwein's Hydraulik **) wird für genauere Rech-
nungen die letzterwähnte Formel wieder empfohlen, dagegen fü
die Fälle, wobei es weniger auf grosse Schärfe ankommt, de
Ausdruck unter der Voraussetzung entwickelt, dass der Widerstan
dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sei. Diese An
nahme wird dadurch motivirt, dass bei einer doppelt so grosse
Geschwindigkeit noch einmal so viele Wassertheilchen in halb s
viel Zeit, als bei der einfachen Geschwindigkeit, losgerissen wer
den müssen. Ferner werden, wie dieses schon immer geschel
war, die Widerstände proportional gesetzt der Ausdehnung d
innern Wandfläche der Röhre, also proportional dem Produc
aus der Länge der Röhre in den Durchmesser derselben. I
jedoch bei weiteren Röhren sich der Widerstand auf eine Anza
Wasserfäden vertheilt, die dem Quadrate der Durchmesser pr
portional ist, so trifft jeden Faden ein um so kleinerer The
Man findet hiernach den Widerstand oder die Widerstandshöl

$$h' = \frac{l \cdot c^2}{d} \varkappa$$

wo $\varkappa$ einen constanten Factor, l die Länge der Röhre, d d
Durchmesser derselben und c die mittlere Geschwindigkeit bedeut
Eytelwein unterscheidet hier die Widerstandshöhe h' von d
ganzen Drruckhöhe h, indem er die Geschwindigkeitshöh

*) Grundlehren der Hydraulik des Herrn Dubuat, übersetzt von
Kosmann, mit Anmerkungen, Zusätzen und einer Vorrede von Eytel-
wein. Berlin 1796.

**) Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik von
J. A. Eytelwein. Berlin 1801.

noch besonders mit Benutzung des Coefficienten der Wassermenge für cylindrische Ansatzröhren berechnet. Da beide Ausdrücke c^2 enthalten, so verbinden sie sich sehr bequem mit einander und das Resultat stellt sich für Rheinländisches Fussmaass in der Formel dar.

$$c = 6{,}42 \sqrt{\frac{50 \cdot h \cdot d}{l + 50 \cdot d}}$$

Während man in Deutschland bemüht war, durch Modification des Exponenten von c eine grössere Genauigkeit dem einfachsten Ausdrucke zu geben, so verfolgte man in Frankreich zu demselben Zwecke einen anderen, ebenso naheliegenden Weg. Statt nämlich den Widerstand durch ein einziges Glied auszudrücken, welches eine gewisse Potenz von c enthielt, setzte man ihn der Summe zweier Glieder gleich, in denen die erste und zweite Potenz getrennt vorkamen. Man hatte dabei augenscheinlich den Vortheil, dass man durch die Annahme von zwei constanten Factoren im Allgemeinen eine grössere Uebereinstimmung erreichen konnte. Coulomb hatte schon im Jahre 1800 diesen Weg angedeutet, indem er den Widerstand der Reibung von dem der Klebrigkeit unterschied, und annahm, dass der erste der zweiten Potenz der Geschwindigkeit und der zweite ihrer ersten Potenz proportional sei. In dieser Art untersuchte Prony *) dieselben 51 Beobachtungen über Röhrenleitungen, die schon Dubuat und Woltman benutzt hatten, und stellte diejenigen Formeln auf, die seitdem in Frankreich üblich geworden sind. Die zur Herleitung der beiden Constanten gewählte Methode ist indessen nicht richtig, da die unter der Benennung der Methode der kleinsten Quadrate seitdem bekannte Rechnungsart damals noch nicht üblich war. Auch muss erwähnt werden, dass Prony die Geschwindigkeitshöhe nicht berücksichtigte, vielmehr die Widerstandshöhe der ganzen Druckhöhe gleich setzte.

Girard hatte gleichzeitig eine ähnliche Arbeit unternommen, jedoch mit der Beschränkung, dass er voraussetzte, die Zahlen-Coefficienten der ersten und zweiten Potenz der Geschwindigkeiten

*) *Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes par R. Prony.* Paris 1804.

müssten einander gleich sein.*) Prony hat mit Zugrundeleg
derselben 51 Beobachtungen auch diese Voraussetzung mit
Erfahrung verglichen, und offenbar fiel die Uebereinstimmung d
mangelhafter aus.

Die letzte bedeutendere Bearbeitung dieses Gegenstandes r
von Eytelwein her**), der die von Prony ausgeführte Untersuch
unter Benutzung derselben Beobachtungen und derselben Re
nungs-Methode wiederholte, indem er die Geschwindigkeitsh
von der Widerstandshöhe trennte.

Nachdem im Vorstehenden die verschiedenen Ansichten
die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen erwähnt s
müssen noch die Beobachtungen bezeichnet werden, die hie
theils benutzt sind, theils aber hätten benutzt werden können.
ältesten und zugleich auch die wichtigsten Beobachtungen rü
von Couplet her, der sie bei den Wasserleitungen zu Versa
anstellte und sie 1732 der Pariser Academie in Paris vorl
Bossut theilt sie im angeführten Werke vollständig mit.

Sie betreffen

1) eine Röhrenleitung von 4 Zoll Weite und 1781,3
Länge; die Druckhöhe betrug abwechselnd 9 Zoll, 21
und 31 Zoll. Diese Beobachtung, welche Dubuat, P
und Eytelwein ausgeschlossen haben, zeigt sehr bedeut
Anomalien gegen die sonstigen Resultate, indem die Was
menge unverhältnissmässig klein ist. Couplet führt
dass diese Röhrenleitung sehr scharfe Krümmungen
und mitunter ganz rechtwinklich gebogen war, auch
nach der Anstellung der Beobachtung durch eine an
ersetzt wurde. Man kann hieraus wohl mit einigem Gr
vermuthen, dass sie nicht in gehöriger Ordnung sich be
und vielleicht leck geworden, oder theilweise verstopft
wesen sein mag.

2) eine Leitung von 6 Zoll Durchmesser und 1712,8

---

*) *Rapport à l'assemblée des ponts et chaussées sur le pr
général du Canal de l'Ourcq.* Paris 1805.

**) Abhandlungen der mathematischen Klasse der Königl. Acad
der Wissenschaften in Berlin aus den Jahren 1814 — 1815.

Länge; es ist dieses dieselbe, die statt der vorigen gelegt wurde. Die Druckhöhe betrug 3 Zoll und $5\frac{1}{4}$ Zoll.

3) eine Leitung von 5 Zoll Durchmesser und 7021,6 Fuss Länge. Die Druckhöhe betrug $5\frac{7}{12}$ Zoll, $11\frac{1}{3}$ Zoll, $16\frac{3}{4}$ Zoll, $21\frac{1}{12}$ Zoll und 25 Zoll.

4) eine Leitung von 18 Zoll Durchmesser und 3600 Fuss Länge, mit dem Drucke von 12 Fuss 1 Zoll 1 Linie.

5) eine Leitung von 12 Zoll Durchmesser von gleicher Länge ist unter demselben Drucke untersucht.

6) eine dergleichen von 18 Zoll Durchmesser und 4776 Fuss Länge bei einem Drucke von 4 Fuss $7\frac{1}{2}$ Zoll. Eine andre Beobachtung bezieht sich noch auf die Verbindung dieser Röhre mit einer zweiten, wobei man jedoch die Effecte beider Röhren nicht füglich von einander trennen kann, woher diese Messung sich zur Entwickelung der Gesetze nicht eignet.

7) eine Leitung von 8 Zoll Durchmesser und 11400 Fuss Länge unter einem Drucke von $2\frac{1}{2}$ Fuss.

Von diesen, an sieben verschiedenen Leitungen angestellten, Beobachtungen hat Dubuat nur die mit No. 3 und 4 bezeichneten benutzt; die übrigen sind aber in allen erwähnten Untersuchungen weder zur Entwickelung, noch zur Vergleichung der Gesetze angewendet worden.

Demnächst hat Bossut zwei Reihen Beobachtungen angestellt mit Röhren von $1\frac{1}{2}$ Zoll und 2 Zoll, oder, wie er später angiebt, von 2 Zoll $\frac{1}{6}$ Linie Weite. In beiden brachte er abwechselnd eine Druckhöhe von 1 Fuss und 2 Fuss an, und die Längen der Röhren waren abwechselnd 30, 60, 90, 120, 150 und 180 Fuss, woher im Ganzen vierundzwanzig einzelne Beobachtungen angestellt sind.

Ferner sind von Dubuat eine grosse Anzahl Beobachtungen angestellt, doch meist in sehr geringen Dimensionen. Bei zehn derselben war die Röhre 1 Zoll weit und $61\frac{1}{2}$ Fuss lang: diese werden später benutzt werden. Sämmtliche vorstehende Angaben beziehn sich auf Pariser Maass.

Endlich sind noch die von Provis angestellten Beobachtungen zu erwähnen.*) Bei diesen wurde eine Röhrenleitung von $1\frac{1}{2}$ Zoll

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. II.* London 1838. *p.* 201.

Weite benutzt, deren Länge zunächst 100, dann 80, 60, 40 u
zuletzt 20 Fuss Engl. betrug. Bei der Länge von 100 Fuss l
sie horizontal, in den übrigen Fällen aber zuerst horizontal, a
dann aber um $\frac{1}{112}$, $\frac{2}{112}$ und $\frac{3}{112}$ gegen den Horizont gene
wodurch 17 Reihen von Beobachtungen entstehn. In jeder ei
zelnen Reihe beträgt die Höhe des Wasserstandes über der obe
Einmündung der Röhre 35, 30, 24, 18, 12 und 6 Zoll, wodur
die ganze Anzahl aller einzelnen Resultate 102 beträgt; jed
Resultat ist aber das Mittel aus zwei Beobachtungen. Stellt m
diese Resultate entweder durch Rechnung oder durch Zeichnu
mit einander in Vergleich, so überzeugt man sich leicht, dass
viel weniger genau sind, als diejenigen, die Bossut und Dub
gefunden haben. Provis zieht einige Schlussfolgen aus sei
Beobachtungen, die ganz unbedeutend sind, und wobei es
auffallend ist, dass er die Druckhöhe gar nicht in Betracht zi
während eben diese Beobachtungen eine Bestätigung des l
bekannten Satzes liefern, dass die Geschwindigkeit nicht von
Neigung der Röhre, sondern von der Druckhöhe abhängt.

Dieses sind die Beobachtungen, die man bisher über Röh
leitungen angestellt hat, die also zur Prüfung der verschied
Theorien zu benutzen wären. Bevor dieses geschieht, mü
einige allgemeine Bemerkungen voran geschickt werden.
nächst ist darauf aufmerksam zu machen, dass die Vorausset
die Widerstandshöhe sei für dieselbe Röhrenleitung dem Qua
der Geschwindigkeit proportional, keineswegs vollständig begr
ist. Bei engen Röhren und geringen Geschwindigkeiten
diese Annahme auch durch die Beobachtungen widerlegt.

Sodann ist zu erwähnen, dass eine Trennung der W
standshöhe von der Geschwindigkeitshöhe im Allgemeinen
wendig erscheint, und dass dadurch auch in der That die
kürzeren Leitungen angestellten Beobachtungen unter sic
bessere Uebereinstimmung gebracht werden. D'Aubuisson
zwar, dass bei Bestimmung der constanten Factoren durch P
schon ein Glied, das die zweite Potenz der Geschwindigkeit
hält, eingeführt sei und hierin auch der Ausdruck der von E
wein besonders berechneten Geschwindigkeitshöhe liegen m
Dieses ist aber nicht richtig, denn der letzte Ausdruck ist
der Länge der Röhre unabhängig, während in der Prony's

Formel diese Grösse in beiden Gliedern als Factor vorkommt. Andererseits bleibt indessen bei längeren Röhrenleitungen die Geschwindigkeitshöhe im Vergleiche zur Widerstandshöhe sehr geringe, und man darf sie sonach bei der Anwendung auf grössere Wasserleitungen ohne merklichen Nachtheil ganz unbeachtet lassen. Bei Herleitung der Gesetze aus solchen Beobachtungen, die zum Theil mit kurzen Leitungen angestellt sind, muss man dagegen von ihr besonders Rechnung führen.

Endlich kommt bei dieser ganzen Untersuchung noch der Umstand in Betracht, worauf schon Dubuat aufmerksam machte, dass bei höherer Temperatur das Wasser an Beweglichkeit gewinnt und sich unter übrigens gleichen Umständen viel schneller bewegt, als wenn es kälter ist. Die Versuche, die der Professor Gerstner im Jahre 1796 ausführte *), stellten diese Thatsache nicht nur ausser Zweifel, sondern zeigten auch, dass der Einfluss der Temperatur sehr bedeutend ist, und dass unter Umständen eine Erwärmung um 6 Grade die Geschwindigkeit und sonach die Wassermenge schon verdoppeln kann.

Hiernach erscheinen die bisher aufgestellten Theorien, die auf die Temperatur gar nicht Rücksicht nehmen, ziemlich mangelhaft. In der Hoffnung, dass bei kleineren Röhrenleitungen das Wasser denselben Gesetzen folgen würde, wie bei grösseren, und dass der Einfluss des Widerstandes sich darin noch deutlicher herausstellen müsste, habe ich vielfache Beobachtungen mit engen Röhren angestellt. **) Die Röhren, die ich zuletzt benutzte, waren von Messing über Stahldrähten gezogen bis $\frac{1}{5}$ Zoll weit. Der Zuflussbehälter wurde durch einen schwimmenden Heber gespeist und dadurch der Wasserstand unverändert erhalten. Zur Messung des Wasserstandes, sowohl in dem Zuflussbehälter, als in demjenigen, worin die Röhren das Wasser ausgossen, dienten theils schwimmende Maasstäbe und theils Stahlspitzen, welche die Oberfläche des Wassers berührten. Jede Beobachtung wurde aber erst angestellt, nachdem der Abfluss sich vollständig gegen den

---

*) Gilbert's Annalen der Physik, Band V. Die Beobachtungen sind auch mitgetheilt im Handbuche der Mechanik von F. A. v. Gerstner. II. Band. Prag 1832.

**) Poggendorff's Annalen. Band 36. S. 423 ff.

Zufluss regulirt hatte, und jedesmal wurde die Temperatur ge-
messen und die Vergleichung zwischen den beiden Maasstäben
angestellt, um die Druckhöhe genau zu bestimmen. Ich erreichte
hierdurch eine grosse Uebereinstimmung der Versuche unter sich,
und sehr deutlich trat ein einfaches und leicht zu erklärendes
Gesetz über den Widerstand hervor; aber ganz unerwartet geschah
dieses in einer Art, dass alle sonst bekannten Beobachtungen die
auffallendsten Abweichungen von diesem Gesetze zeigten. Aber
auch meine eignen Beobachtungen befolgten nur innerhalb einer
gewissen Grenze das aufgefundene Gesetz; sie zeigten gleichfalls
grosse Abweichungen, sobald diese Grenze der Geschwindigkeit
überschritten wurde, und selbige lag für die weiteren Röhren
weit näher, als für die engeren. Die Erscheinung selbst zeigte
auch sehr deutlich an, ob diese Grenze überschritten sei oder
nicht. Liess ich nämlich den Strahl in der Luft und nicht unter
Wasser ausspritzen, so erschien er gleich dem Strahle aus de
Oeffnung in der dünnen Wand von unveränderter Form und ohne
alle Undulationen, so lange die Geschwindigkeit jene Grenze nic
überschritt, er fing aber sogleich an zu schwanken und zeig
die stossweise verstärkte innere Bewegung, wie der Strahl a
der kurzen Ansatzröhre, sobald die Druckhöhe oder die Geschw
digkeit grösser geworden war. Das aufgefundene Gesetz gilt a
nur so lange, als das Wasser in der ganzen Röhrenleitung du
den Widerstand in Spannung erhalten wird und die innern u
periodischen Bewegungen nicht eintreten. In allen weiteren Röh
geschieht das Letztere, und sonach sind jene Resultate von kein
unmittelbaren Nutzen für die Praxis. Ich will indessen die E
gleichungen, die ich nach der Methode der kleinsten Quadr
aus den Beobachtungen dargestellt habe, hier anführen. Bedeu
M die Wassermenge in einer Secunde, ϱ den Halbmesser
Röhre, *l* deren Länge und *h* die Druckhöhe, so finde ich
die Temperatur von 8 Graden Réaumur, indem alle Abmessung
in Pariser Zollen ausgedrückt sind

$$h = \frac{1}{\varrho^4}(0{,}000012354 \,.\, l \,.\, M + 0{,}00037752 \,.\, M^2)$$

und für eine Temperatur von *t* Graden Réaumur verwandelt si
der constante Factor des ersten Gliedes in

$$0{,}00001726 - 0{,}000000785 \,.\, t + 0{,}0000000216 \,.\, t^2$$

Factor des zweiten Gliedes, der ebensowohl von der Länge Röhre, als auch von der Temperatur unabhängig ist, ist hts andres als der Contractions-Coefficient des Strahles, der rch die Oeffnung in der dünnen Wand austritt. Das erste ied bezeichnet sonach die Widerstandshöhe und diese ist der ten Potenz der Wassermenge oder der Geschwindigkeit proritional. Um die vierte Potenz des Halbmessers der Röhre in r Darstellung der Widerstandshöhe zu erklären, muss man er wieder die Voraussetzung machen, dass das Wasser sich icht wie ein fester Cylinder durch die Röhre schiebt, sondern ass es vielmehr in dünnen concentrischen Schalen sich fortewegt, von denen eine der andern voreilt, bis der Wasserfaden der Axe der Röhre die grösste Geschwindigkeit erreicht.

Sobald dagegen die erwähnte Grenze überschritten wird, so hört die ruhige und gleichmässige Bewegung auf und zugleich vermindert sich vergleichungsweise zur Druckhöhe die ausfliessende Wassermenge. Die unverkennbaren innern Bewegungen zerstören sonach einen Theil der lebendigen Kraft des Wassers und die Ergiebigkeit der Röhre wird dadurch geringer. Durch einen Ausdruck, der dem obigen ähnlich ist, kann man ür diesen Fall nicht mehr die Resultate einer Beobachtungseihe darstellen, setzt man aber die Druckhöhe der Länge der öhre und zugleich dem Quadrate der Geschwindigkeit proporonal, so werden die bleibenden Fehler zwar geringer, sie sind er dennoch so bedeutend und fallen so regelmässig, dass an sie nicht als Beobachtungsfehler ansehn darf, man vielehr eine Modification des Gesetzes versuchen muss. Endlich zu erwähnen, dass nach meinen Beobachtungen auch für sen Fall der Einfluss der Temperatur noch bemerkbar bleibt, h jedoch viel geringer herausstellt, als bei den engen Röhren.

Wenn zunächst der Einfluss der Temperatur ausser Betracht lassen wird, was auch geschehn muss, sobald man die oben wähnten fremden Beobachtungen benutzen will, so fragt es ch, in welcher der beiden bezeichneten Formen das Gesetz er Bewegung des Wassers in Röhren sich besser an ie vorliegenden Beobachtungen anschliesst, ob man nämlich en Wiederstand der Summe zweier Glieder proportional setzen

solle, deren eines die erste, und das andre die zweite Potenz der Geschwindigkeit zum Factor enthält, oder ob, wie Woltman gethan, dafür eine andre Potenz der Geschwindigkeit zu wählen sei.

Unter Einführung der Geschwindigkeitshöhe und des Coefficienten für cylindrische Ansatzröhren giebt die erste Hypothese

$$h = \frac{c^2}{4g \cdot (0{,}82)^2} + l\,(p \cdot c + q \cdot c^2)$$

wo h die ganze Druckhöhe bedeutet, c die mittlere Geschwindigkeit, l die Länge der Röhre und p und q constante Factoren sind. Für jede einzelne Röhrenweite in den vorstehend angegebenen, sowie auch in den von mir angestellten Beobachtungen, bestimmte ich nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe von p und q und erreichte dadurch eine genügende Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen jeder Reihe, welche die Annahme eines solchen Gesetzes zu bestätigen schien. Verglich ich aber die so gefundenen Werthe von p und q mit einander und versuchte es, ihre Abhängigkeit von dem Halbmesser der Röhre oder von ϱ darzustellen, so ergaben sich so grosse Abweichungen, dass diese Annahme sich als unstatthaft herausstellte.

Der andere, von Woltman zuerst eingeschlagene Weg, nämlich die Widerstandshöhe einer gewissen, aus den Beobachtungen zu ermittelnden Potenz proportional zu setzen, führte dagegen nicht nur zu einer grösseren Uebereinstimmung, sondern machte es auch sehr wahrscheinlich, dass der Exponent 1,75 der richtige sei. Nachdem ich daher diesen vorläufig angenommen hatte, versuchte ich zunächst die Geschwindigkeitshöhe zu bestimmen, und da diese durch ein Glied ausgedrückt werden muss, welches die zweite Potenz der Geschwindigkeit als Factor enthält, aber von der Länge der Röhre unabhängig ist, so konnten nur solche Beobachtungen benutzt werden, die mit gleichweiten Röhren von verschiedenen Längen angestellt waren. Hierzu eigneten sich die Beobachtungen von Bossut, Provis und meine eignen. In allen drei Fällen ergab sich aus der Vergleichung der längeren und kürzeren Röhren, dass jenes Glied nahe $\frac{3}{2} \cdot \frac{c^2}{4g}$ gesetzt werden müsste, was mit dem Coefficienten für cylindrische An-

öhren ungefähr gleichkommt. Nunmehr setzte ich für jede lne Röhre

$$h = \left(\frac{1}{0,82}\right)^2 \frac{c^2}{4g} + p\,l\,c^{\frac{7}{4}}$$

rgiebt sich, dass p ungefähr umgekehrt der Weite der Röhre ortional ist, ich führe daher noch die Bezeichnung $\varkappa = p \cdot \varrho$ und erhalte hiernach mit Benutzung der sämmtlichen Beobungsreihen und darunter auch derer, die Dubuat mit sehr n Röhren angestellt hat, die folgenden Werthe für p und $\varkappa$

Beobachter	ϱ in Zollen	p	$\varkappa$
Dubuat	0,0278	1,466	0,04071
Dubuat	0,0625	0,1054	0,00659
Dubuat	0,0833	0,0619	0,00516
Hagen	0,1090	0,0447	0,00487
Dubuat	0,1208	0,0334	0,00404
Dubuat	0,5	0,00624	0,00312
Bossut	0,6667	0,00473	0,00315
Provis	0,7037	0,00474	0,00333
Bossut	1,0052	0,00288	0,00288
Couplet	2,0	0,00860	0,01721
Couplet	2,5	0,00131	0,00328
Couplet	3,0	0,00183	0,00550
Couplet	4,0	0,00110	0,00440
Couplet	6,0	0,00103	0,00616
Couplet	9,0	0,00055	0,00496

Die Zahlen der letzten Spalte, welche eine Constante darn sollen, zeigen sehr bedeutende Abweichungen, doch lässt dafür zum Theil der Grund angeben. Was nämlich zust die sehr grossen Werthe von $\varkappa$ bei engen Röhren betrifft, iebt sich hier offenbar der Uebergang aus jener regelmässiBewegung zu erkennen, deren Gesetze ich oben entwickelt . Der Widerstand, den die Röhrenwand der Bewegung entnsetzt, erlaubt der nächsten Wasserschicht nicht, an der meinen Bewegung Theil zu nehmen, und sonach bewegt das Wasser nicht in dem ganzen Querschnitte, sondern nur m innern Theile desselben. Der Versuch, den Halbmesser ϱ um eine gewisse constante Grösse zu vermindern, um Factor $\varkappa$ auf den Werth zu reduciren, den er bei Röhren

von 1 bis 2 Zoll Weite annimmt, ergab, dass eine Wa
schicht von 0,01 Zoll Dicke zunächst der Wand in Ruh
dacht werden musste. Unter dieser Voraussetzung, die für
tere Röhren keine merkliche Aenderung bedingt, versch
die Anomalien, welche die engen Röhren in der vorsteh
Beobachtungsreihe zeigen.

Was demnächst die starke Abweichung in der Beobac
No. 10 betrifft, so erklärt diese sich schon durch das obe
geführte. Auch die folgenden Röhren, deren Effect C
beobachtete, waren sämmtlich mit Krümmungen versehn,
jedoch theilweise als sanft abgerundet bezeichnet, und die s
lich minder scharf, als bei jener vier Zoll weiten Röhre
Endlich muss noch erwähnt werden, dass die Coupletsche
obachtungen, insofern ich sie mit besonderen Nummern be
net habe, grossentheils nur die einzelne oder doch nur
Beobachtungen umfassen, während die Beobachtungen von
sut, Dubuat und Provis die mittleren Werthe ausgedehnter
sind. Hiernach wird es sich rechtfertigen, dass ich für
und recht regelmässige Röhrenleitungen den Factor x
0,00315 annehme; bei Leitungen mit schwachen Krümm
steigt er bis 0,005 und wenn scharfe Krümmungen vork
sogar bis 0,01 und darüber. Es kommen hier aber augen
lich nicht nur die Krümmungen in Betracht, sondern auc
engungen der Röhren durch Niederschläge, durch Ansan
der Luft u. dergl. D'Aubuisson räth daher, bei jeder
dung der aus der Beobachtung hergeleiteten Formel die
sionen so zu bestimmen, als ob sie ein halb Mal mehr
leiten sollten, als man braucht. Sind die Röhren endli
einige Linien weit, so muss man nicht unterlassen, die
Wand haftende Wasserschicht zu berücksichtigen und
den Radius um 0,01 Zoll geringer anzunehmen. Auf
ländisches Maass reducirt erhält man sonach für gerad
tungen den Ausdruck

$$h = 0{,}024 \cdot c^2 + 0{,}003 \cdot \frac{l}{\varrho} c^{\frac{7}{4}}$$

wo h, c und l in Fussen und ϱ in Zollen ausgedrückt

Was den Einfluss der Temperatur betrifft, so ist d
nach meinen Versuchen nicht zu verkennen, jedoch n

en Röhren von Bedeutung. Indem ich die Temperatur von is 24 Graden Réaumur zunehmen liess, zeigte es sich, dass einer Zunahme um 3 Grade der Coefficient des zweiten Glie- um 0,0001 abnahm. Die angegebene Grösse dieses Coeffi- nten bezieht sich auf die Temperatur von 8 Graden Réaumur, er würde man erhalten

bei + 2° . . . . . $\varkappa = 0{,}0032$
- + 5° . . . . . $\varkappa = 0{,}0031$
- + 8° . . . . . $\varkappa = 0{,}0030$
- + 11° . . . . . $\varkappa = 0{,}0029$
- + 14° . . . . . $\varkappa = 0{,}0028$

ine Beobachtungen waren freilich wegen der geringen Weite Röhren wenig geeignet, hierüber einen sichern Aufschluss geben; doch musste ich sie benutzen, da bei keinen andern Temperaturen angegeben sind.

Die vorstehenden Ausdrücke sind diejenigen, welche sich der grössten Wahrscheinlichkeit aus den vorliegenden Beob- tungen ergeben; sie sind indessen so wenig sicher, dass die ihnen hergeleiteten Resultate immer nur als Näherungswerthe esehn werden können, und es rechtfertigt sich daher, wenn das erste Glied des Ausdruckes für h, welches in den mei- , in der Praxis vorkommenden Fällen sehr klein ist, ganz lässt. Verwandelt man ausserdem, wie bereits angegeben den, den constanten Factor des zweiten Gliedes in 0,005 erhält man

$$h = 0{,}005 \cdot \frac{l}{\varrho} \cdot c^{\frac{7}{4}}$$

ses möchte der Ausdruck sein, der sich für die Anwendung onders eignet. Führt man darin die Wassermenge M ein, ulich

$$M = \frac{\varrho^2 \pi}{144} \cdot c$$

findet man

$$h = \frac{4 \cdot l}{\varrho^{\frac{9}{2}}} \cdot M^{\frac{7}{4}}$$

er

$$\varrho^{\frac{9}{2}} = \frac{4 \cdot l}{h} \cdot M^{\frac{7}{4}}$$

eser Ausdruck ist für die logarithmische Berechnung sehr be- em, während man sonst auf eine Gleichung des fünften Grades kommen pflegt.

Dass die **Krümmungen**, besonders wenn sie scharf, und it keiner Erweiterung der Röhre verbunden sind, die Geschwin-

digkeit des Wassers merklich verzögern, ist schon nach d
Coupletschen Beobachtungen sehr wahrscheinlich; Bessel
hierüber besondere Beobachtungen angestellt, die man jed
nicht benutzen kann, insofern die Krümmung nicht bestimmt
angegeben wird. Dagegen fand Dubuat aus seinen Messungen
dass zur Ueberwindung des Widerstandes, den jede Krümmung
der Bewegung des Wassers entgegensetzt, noch eine besondere
Vermehrung der Druckhöhe erforderlich ist, die bei Anwendung
des Pariser Zollmaasses ausgedrückt wird durch

$$h = \frac{c^2 s^2}{3000}$$

c bedeutet hier wieder die Geschwindigkeit und s ist gleich
Cos ½ φ, wenn die beiden durch die Krümmung mit einander
verbundenen Röhrentheile den Winkel φ einschliessen. Durch
Reduction auf Rheinländisches Fussmaass erhält man

$$h = 0{,}004 \cdot c^2 \cdot s^2$$

Von diesem Ausdrucke macht Dubuat und ebenso auch d'Aubuisson in der Art Gebrauch, dass unter φ nicht der Winkel verstanden wird, den die geraden Röhrenschenkel bilden, sondern vielmehr zieht man in der Axe der Röhre eine gerade Linie und sobald diese die Röhrenwand trifft, so lässt man sie wie einen Lichtstrahl reflectiren und wiederholt dieses so lange, bis sie ungefähr wieder in die Axe des geraden Schenkels gelangt. Unter φ werden aber die Polygonalwinkel verstanden, die dieser Strahl bildet, und es ist klar, dass jene Druckhöhe, die den Widerstand in den Krümmungen überwinden soll, insofern sie durch Cos ½ φ^2 ausgedrückt wird, besonders klein ausfällt, wenn man recht stumpfe Winkel im mittleren Faden darstellen kann, oder wenn der Krümmungshalbmesser im Vergleiche zur Röhrenweite recht gross ist. Bei sehr engen Röhren reducirt sich diese Grösse fast auf 0, während bei gleichem Krümmungswinkel und gleichem Krümmungshalbmesser eine weitere Röhre schon sehr ansehnliche Werthe für die Vermehrung der Druckhöhe giebt. Diese Schlussfolge ist gewiss an sich höchst unwahrscheinlich, und überdies lässt sich die Einführung der Polygonalwinkel aus den Dubuatschen Beobachtungen (die Vol. I. S. 34 ff. beschrieben werden) auch nicht rechtfertigen, indem Dubuat zum Theil die gegenseitige Neigung zweier Röhrentheile

Rechnung gestellt hat, zum Theil aber, wenn er das angegebene Verfahren auch anwendete, doch immer die Röhrenweite so gross war, dass selbst für die schärfsten Krümmungen zwei Nivelirungen genügten.

Gewiss ist diese Bestimmung des Einflusses der Krümmungen, sowie die Anwendung, die man davon machen kann, sehr unsicher; da aber wahrscheinlich das Wasser beim Durchgange durch weitere Röhren eine sehr starke innere Bewegung annimmt, so sollte man kaum glauben, dass der Einfluss von mässigen und sanften Krümmungen überhaupt noch merklich wäre. Eine bleierne Röhre von $\frac{1}{3}$ Zoll Weite und 8 Fuss Länge gab genau gleiche Resultate, wenn ich ihr eine kreisförmige Windung gab, oder wenn ich sie in gerade Linie auszog. Bei scharfen Krümmungen, namentlich wenn sie durch bleierne Röhren dargestellt werden, tritt indessen noch eine Verengung des Querschnittes ein, und jedesmal geben die Krümmungen und besonders die in verticaler Richtung stattfindenden, Veranlassung zum Niederschlage und zum Ansammeln der Luft. Hierdurch setzen sie augenscheinlich viel grössere Hindernisse der Bewegung entgegen. Wenn man sonach die aus den Coupletschen Beobachtungen, die an grösseren Wasserleitungen angestellt sind, hergeleiteten Factoren benutzt, oder wenn man statt des Factors 0,003 den Werth 0,005 einführt, so ist der Einfluss der gewöhnlichen nicht zu vermeidenden Krümmungen dabei schon berücksichtigt und man hat nicht nöthig, den letzteren noch besonders zu berechnen. Dieses ist ungefähr dieselbe Regel, die d'Aubuisson giebt.

In ähnlicher Art verhält es sich auch mit den Verengungen, die hin und wieder in der Röhre eintreten. Man muss solche möglichst zu vermeiden suchen, man darf aber nicht annehmen, dass sie, wenn sie nur mässig sind, eine starke Verminderung der Wassermenge bedingen, denn zur Erzeugung der hier nöthigen Geschwindigkeit wird zwar ein gewisser Theil der Druckhöhe consumirt, aber eben diese grössere Geschwindigkeit liefert auch wieder die lebendige Kraft zur Ueberwindung der Widerstände im folgenden Theile der Röhrenleitung. Ich fand, dass die Wassermenge, sobald ich die Einmündung der Röhre um die Hälfte ihres Querschnittes verengte, unverändert blieb;

brachte ich aber eine gleiche Verengung an der Ausmündung der Röhre an, so gab sich eine starke Abnahme der Wassermenge zu erkennen, indem die zur Erzeugung der grösseren Geschwindigkeit erforderliche lebendige Kraft in diesem Falle vollständiger Verlust war.

Bei Erwähnung der wichtigeren Gesetze über die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen darf die Verschiedenheit des Druckes auf die Wände der Röhren bei wechselnder Geschwindigkeit des Wassers, nicht mit Stillschweigen übergangen werden, indem man hierin nicht nur ein Mittel gefunden hat, den Betrieb der Röhrenleitungen zu controlliren, sondern man kann dadurch auch den Einfluss der Verengungen und Krümmungen und anderer Unregelmässigkeiten in den Röhren sehr genau ermitteln. Endlich aber bestimmt dieser Druck auch die Höhe des Strahles, wenn man einen Springbrunnen durch eine Röhrenleitung speisen will. Daniel Bernouilli stellte zuerst den Grundsatz auf*), dass der gegen die Röhrenwand ausgeübte Druck gleich sei der Differenz zwischen der ganzen Druckhöhe und derjenigen Höhe, welche der Geschwindigkeit des Wassers an der fraglichen Stelle der Röhrenleitung entspricht. Indem nämlich die Geschwindigkeit parallel mit der Axe der Röhre angenommen wird, so trifft das bewegte Wasser nicht die Röhrenwand, und folglich verschwindet der Druck derjenigen Wasserhöhe, welche die Geschwindigkeit erzeugt. Die Erfahrung bestätigt dieses hydraulico-statische Princip, wie Bernouilli es nennt, vollständig, wenn man eine nothwendige Aenderung in dem Werthe der ganzen Druckhöhe anbringt, die Bernouilli auch selbst angiebt. Wenn nämlich eine Stelle der Röhrenwand untersucht wird, deren Abstand vom Speisebassin gleich a ist, so kann auf selbige nicht mehr die ganze Druckhöhe wirken, sondern ein Theil der letztern ist bereits consumirt durch die Widerstände, welche bei der stattfindenden Geschwindigkeit auf dem Wege von der Länge a zu überwinden waren. Für den folgenden Theil der Röhrenleitung sind die Verhältnisse ganz dieselben, als wenn die Röhre bei dem zu untersuchenden Punkte ihren Anfang nähme und die Druckhöhe um diejenige Quantität

*) *Hydrodynamica, Strasburg* 1738. *Sect. XII.* §. 3.

ändert wäre, welche der Widerstandshöhe für die Länge a zukommt.

Wenn man auf eine regelmässig geformte cylindrische Röhre eine Reihe von verticalen und oben offenen Glasröhren kittet, die mit jener in Verbindung stehn, ohne ihren Querschnitt zu beschränken, so zeigen sie durch die Höhe des Wasserstandes den Druck an, den die Wand der Leitung jedesmal erfährt. Man wird bemerken, dass der Wasserstand in der Glasröhre, zunächst an dem Speisebassin, mit dem Niveau im letzteren nicht übereinstimmt, sondern um die Geschwindigkeitshöhe tiefer liegt; in allen folgenden wird aber nach Maassgabe der überwundenen Widerstände, also im Verhältnisse der Länge der Röhre die Höhe des Wasserstandes abnehmen, bis endlich in diejenige Röhre, welche unmittelbar an die Ausflussmündung der Leitung (sofern der Ausfluss nicht unter Wasser geschieht) gekittet ist, das Wasser gar nicht mehr hineintritt, oder hier der Druck ganz aufhört. Dass dieses wirklich der Fall ist, ergiebt sich schon daraus, dass der aus der Röhrenleitung frei hervortretende Strahl sich nicht ausbreitet, also auch keinen Seitendruck ausübt. Tritt dagegen der Strahl unter Wasser aus, so wird die gerade Linie, welche die Wasserstände in den Glasröhren verbindet, am Ende der Röhrenleitung das Niveau des Unterwassers treffen. Wäre indessen an der Ausmündung der Röhrenleitung eine Verengung angebracht, oder ein Hahn befindlich, der den Querschnitt um eine gewisse Quantität beschränkte, so würde eben dadurch die Ergiebigkeit etwas ermässigt werden und in gleichem Verhältnisse auch die Geschwindigkeit in der cylindrischen Leitung abnehmen; dieses hat aber die Folge, dass die betreffende Geschwindigkeitshöhe und ebenso auch die Widerstandshöhen sich vermindern, und folglich die Wasserstände in allen Glasröhren oberhalb jenes Hahnes steigen, während sie unter sich wieder in einer geraden Linie liegen. Wenn der Hahn oder eine andere Verengung des Profiles zwischen jenen Glasröhren eingeführt wird, so muss die gerade Linie hier unterbrochen, oder eine Niveaudifferenz dargestellt werden, welche der Zunahme der Geschwindigkeit im verengten Profile entspricht. Da solche Sperrungen jedesmal eine Verminderung der Wassermenge zur Folge haben, so steigt dabei auch immer das Wasser in den

vorhergehenden Glasröhren. Wenn endlich an irgend einer Stelle das Profil der Röhrenleitung ganz gesperrt wird, so hört die Geschwindigkeit mit allen Widerständen auf und alle Glasröhren oberhalb der abgesperrten Stelle zeigen den Wasserstand des Oberwassers, sowie die unterhalb derselben befindlichen entweder ganz leer werden, oder den Stand des Unterwassers annehmen.

Auf solche Art geben diese Glasröhren sehr deutlich die Widerstände zu erkennen, welche in der Röhrenleitung vorkommen, und gestatten zugleich durch genaue Messung die Grösse des Widerstandes zu ermitteln, welchen Krümmungen, absichtliche oder zufällige Sperrungen und andere Hindernisse in der Röhrenleitung veranlassen. Belanger *) machte zuerst auf diese wichtige Anwendung des Bernouillischen Princips aufmerksam, und gemeinschaftlich mit Génieys und Mallet stellte er einige Beobachtungen dieser Art an den Wasserleitungen zu Paris an. Die Beobachtungen waren so wenig umfassend, dass sie in wissenschaftlicher Beziehung von keiner Bedeutung sind, woher ich sie auch nicht erwähnt habe, der angewendete Apparat verdient jedoch näher beschrieben zu werden, indem dabei auf eine sehr sinnreiche Art die Verlängerung der Glasröhren bis über die Druckhöhe für die zu untersuchende Stelle vermieden wird, und man sonach auch in dem beschränkten Raume neben den Leitungsröhren, eines starken Druckes unerachtet, die Beobachtungen anstellen kann.

Fig. 64 auf Taf. V. zeigt diesen Apparat, und es ist dabei angenommen, dass man den Widerstand kennen lernen will, den das Wasser erfährt, indem es aus der Hauptröhre in die normal austretende Zweigröhre gelangt. Man bohrt in beide Röhren auf der obern Seite feine Löcher ein und setzt dieselben durch Bleiröhren mit zwei senkrechten Glasröhren in Verbindung. Die letzteren sind mit einem Maasstabe versehn, woran man die Wasserstände und deren Unterschied ablesen kann. Beide Glasröhren sind endlich durch eine gekrümmte Messingröhre oben vereinigt, so dass sie miteinander jederzeit communiciren und mittelst eines genau schliessenden Hahnes kann man die Mes-

---

*) *Essai sur les moyens de conduire, d'élever et de distribuer les eaux par M. Génieys.* Paris 1829.

re auch mit der äussern Luft in Verbindung setzen. Will e Beobachtung anstellen, so befestigt man die flexibeln iren an die Leitungsröhren, wie dieses später beschrieben 1 wird, und stellt den Apparat so auf, dass der Maasstab l gerichtet ist. Sobald alsdann die Leitung in Thätigkeit t wird, so hindert die in den Blei- und Glasröhren einlossene Luft das Wasser in den Glasröhren bis zur vollen höhe aufzusteigen. Man kann aber durch ein geringes Oeffles erwähnten Hahnes eine beliebige Quantität Luft herauslasso dass die Wasserstände in diejenige Höhe treten, wo man equem ablesen kann. Es ist klar, dass, wie gross auch r die Spannung der in den Röhren eingeschlossenen Luft mag, die beiden Wassersäulen sich nach Maassgabe des kes, den sie erfahren, ins Gleichgewicht setzen werden, ihre Niveaudifferenz ist ganz unabhängig von der Spannung eingeschlossenen Luft.

Eine andere Anwendung von dieser Glasröhre, welche den ndruck des Wassers erkennen lässt, machte d'Aubuisson der Wasserleitung zu Toulouse, indem er von den Haupten der Leitung dünne Röhren nach dem Geschäftszimmer te, wo man den Druck beobachten könnte. Je kräftiger die ung wirkte, oder je grösser die Wassermenge war, die sie erte, um so grösser musste die Geschwindigkeit sein, und lich stellte sich um so niedriger der Wasserstand in der am Anfange der Röhrenleitung aufgestellten Glasröhre. ld der Wasserstand aber stieg, so zeigte dieses an, dass ere Hähne geschlossen, oder dass zufällige Hindernisse einten waren. Dadurch wurden die Beamten in den Stand tzt, durch einen Blick auf die Glasröhren die Wirksamkeit ganzen weit ausgedehnten Röhrenleitung zu controlliren. gab diesem Instrumente den Namen Piezometer oder ckmesser.

Endlich bestimmt sich, wie bereits erwähnt worden, auch Höhe eines springenden Strahles oder überhaupt die chwindigkeit desselben aus dem Drucke, den das bewegte sser gegen die Röhrenwand ausübt. Man muss, um beide ermitteln, wieder die ganze Druckhöhe um diejenige Höhe mindern, welche für die jedesmalige Geschwindigkeit zur

Ueberwindung der Widerstände in der vorhergehenden Rö
leitung consumirt wird. Es ergiebt sich hieraus, weshalb
ersten Oeffnen des Hahns der Strahl unter der vollen D
höhe, also viel höher steigen kann, als später, wenn das
ser in der Röhre in Bewegung kommt und dadurch die W
stände sich bilden, welche die Druckhöhe vermindern. V
Verminderung der Höhe um den Theil, der zur Erzeugun
Geschwindigkeit in der Leitungsröhre erforderlich ist, ka
so mehr abstrahirt werden, als das Wasser nicht an der S
öffnung vorbeifliesst, sondern in diese hineintritt, also die
erlangte Geschwindigkeit sich dem Strahle wieder mittheilt
Höhe, zu welcher der Strahl steigt, ist, wie schon früh
wähnt worden, immer etwas geringer als die Druckhöhe;
lässt sich nach den wenigen hierüber angestellten Beobach
das Gesetz nicht angeben, doch scheint die Differenz beider
proportional zu sein dem Quadrate der Druckhöhe, wen
ergeben dieses ungefähr die Beobachtungen von Mariotte.
demselben *) findet man bei weitern Oeffnungen die Sprun
des Strahles, oder H aus der Formel

$$h = H + \frac{1}{300} \cdot H^2$$

wobei indessen h nicht die volle Druckhöhe des Bassins
dern nur diejenige bezeichnet, welche das Piezometer di
dem Strahle angiebt. Durch die Reduction auf Rheinlän
Fuss-Maass verwandelt sich die Formel in

$$h = H + \frac{1}{290} \cdot H^2$$

Wenn der Strahl nicht durch Oeffnungen in dünner Wand
dern durch Ansatzröhren austritt, so muss die dabei stattfi
Verminderung der Geschwindigkeit noch besonders berü
tigt werden.

§. 18.

Speisung der Leitungen.

Unter den verschiedenen Wasserleitungen sind be
diejenigen wichtig, deren Zweck es ist, grössere Orte m

*) *Oeuvres de Mariotte.* Leide 1717. *Tome II.* S. 48

sser zu versorgen; von diesen soll hier allein die Rede
ie übrigen, welche etwa zum Betriebe von Mühlen u.
gelegt werden, zeigen weder in ihrer Anordnung, noch
struction irgend welche Eigenthümlichkeiten, die bei
cht vorkommen, während hier noch besondere Erforder-
zutreten, deren Berücksichtigung oft sehr schwierig ist.
kleinen Gebirgsstädten sind solche Wasserleitungen ge-
sehr einfach angeordnet. Der Quell, durch den sie
werden, enthält schon reines und klares Wasser, und
ucht ihn nur in einiger Höhe über dem Boden aufzu-
um das Eintreten von Sand und Erde zu verhindern.
n ist auch gemeinhin das Gefälle so stark, dass der
rang in einer ununterbrochenen Neigung den höchsten
r Stadt erreichen kann, und ein fliessender Brunnen,
l gar ein Springbrunnen hier das Wasser in ein Bassin
, welches vielleicht wieder andere fliessende Brunnen
efer liegenden Theilen der Stadt speist.
bedeutender werden die Schwierigkeiten, wenn man
Entfernung die Quellen suchen muss, und wenn die-
die sich nach ihrer Reichhaltigkeit und nach der Be-
eit des Wassers zur Speisung der Brunnen am meisten
nur wenig höher als das Niveau der Stadt sind, oder
r durch tiefe Terraineinschnitte davon getrennt werden.
nn es geschehn, dass alle Quellen und Bäche umher
e Wassermenge, die man braucht, nicht enthalten, und
alsdann nur der Ausweg übrig, das Wasser aus dem
genden Strome künstlich zu heben, und wenn dasselbe,
öhnlich, nicht den nöthigen Grad von Reinheit besitzt,
zu klären und zu filtriren, bevor man es durch die
n in der Stadt verbreitet. Das letzte Verfahren, welches
nge bekannt und zur Speisung einzelner Leitungen be-
r, hat man in neuerer Zeit auch zur Versorgung ganzer
ewählt, und es scheint, dass dasselbe bei Anwendung
ollkommneten Maschinen, wie man sie heutiges Tages
n kann, die nöthige Wassermenge nicht nur sicher lie-
dern unter den gewöhnlichen Verhältnissen auch minder
ist, als wenn man die Bäche und Quellen aus weiter
ng herbeiführt.

In früheren Jahrhunderten konnte diese Methode wegen mangelhaften Einrichtung und geringen Haltbarkeit der Ma nen keinen Eingang finden; dagegen wurden schon zur Zei römischen Republik und noch mehr unter den Kaisern, k liche Leitungen von Bächen dargestellt, die noch heute an G artigkeit unübertroffen sind. Etwa dreihundert Jahre vor C Geburt legte Appius Claudius die erste Wasserleitung an, als Nerva seine Regierung antrat, wurden, wie Frontinu giebt, durch neun Leitungen schon über 27 Millionen Cubi Wasser täglich nach Rom geführt, die in 1300 fliessenden nen ausströmten. Die Anzahl der Leitungen vermehrte sich ferner, da namentlich die Einrichtung neuer Bäder das B niss immer mehr steigerte. So mögen später bis 50 *) Mill Cubikfuss täglich nach Rom geführt worden sein, was b Anzahl der Einwohner, von etwa einer Million, eine so liche Versorgung mit Wasser giebt, wie in neuerer Zeit n vorkommt. Von diesen Anlagen sind einige in Wirks erhalten worden, und Prony schätzte das Wasserquantum, ches die drei Leitungen Aqua Felice, Juliana und Paulina g wärtig noch täglich nach Rom führen, auf mehr als 5 nen Cubikfuss.

Diese sämmtlichen Anlagen führten das Wasser ni Röhren, sondern in Canälen, die also ein stätiges Gefä der Richtung des fliessenden Wassers erhalten mussten. Ausdehnung beträgt häufig mehrere Meilen, und die Anla wann besonders in dem Falle an Wichtigkeit und gab zu stellung grosser Mauermassen und oft zu einer kühne reichen Architectur Veranlassung, wenn tiefe Thäler übers werden mussten. Man führte alsdann Bogenstellungen quer das Thal, die oft mehrfach übereinander standen, und a chen Unterbauen liess man den Canal mit geringem und mässigem Gefälle fliessen. Es sind dieses die Bauwerke, man gemeinhin den Namen Aquäducte beilegt. Das

*) Die vorstehenden Angaben sind entnommen aus W. Ma *Hydraulia, an historical account of the Water-Works of L and the contrivances for supplying other great cities in di ages and countries.* London 1835.

durch Anwendung von Röhren diese Unterbaue hätte entbehren können, leidet keinen Zweifel, denn der starke Druck, der durch die Senkung der Röhrenleitung bis zur Sohle des Thales entsteht, treibt das Wasser in dem zweiten Schenkel der Röhre beinahe bis zu derselben Höhe wieder herauf. Man hat dieses Princip in neuerer Zeit verschiedentlich angewendet, z. B. bei der Soolenleitung zwischen Berchtesgaden und Illsang *), wo die Röhre an einer Stelle etwa um 200 Fuss ihr Niveau verändert. Einrichtungen dieser Art sind jedoch, wenn gusseiserne Röhren nicht benutzt werden, sehr kostbar und unsicher. Da solche im Alterthume nicht bekannt waren, so darf man sich nicht wundern, wenn zur Erreichung desselben Zweckes ein anderes Mittel gewählt wurde. Dazu kommt wahrscheinlich noch, dass man bei diesen Wasserleitungen, die ihrer Natur nach grossentheils sehr unscheinbar sind und sich oft ganz dem Auge entziehn, doch einige Werke absichtlich anbrachte, welche die Grossartigkeit des Unternehmens zeigten. Man braucht also nicht gerade vorauszusetzen, dass den damaligen Wasserbaumeistern das erste Gesetz der Hydrostatik ganz unbekannt gewesen sei, was man oft behauptet hat und was andrerseits von den Verehrern des Alterthums durch Aufzählung mancher Andeutungen in den alten Classikern bestritten wird.

Der Eifer für die Errichtung von Wasserleitungen beschränkte sich indessen keineswegs nur auf Rom, vielmehr finden sich fast in allen Ländern, die der römischen Herrschaft unterworfen waren, Ruinen von solchen Werken vor. In Constantinopel existiren mehrere Wasserleitungen, von denen einige ohne Zweifel aus jener Periode herrühren. Auf Mytilene, Salamis, sowie in Kleinasien bei Antiochia sind Reste von alten Wasserleitungen vorhanden, letztere bestehn in einem Aquäducte von 200 Fuss Höhe. Ferner bemerkt man solche bei Neapel und Pästum; der zu Castellana, der besonders aus früher Zeit herrührt, zeichnet sich durch seine Grösse aus, indem die Gesammthöhe des Baues in beiden Bogenstellungen bis 190 Fuss beträgt. Bei Lyon, Metz, Nismes und bei Arcueil in der Nähe von Paris befinden sich alte Wasser-

*) Vergl. meine Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1826. S. 270.

leitungen, und endlich kommen sie auch in Spanien namentl[illegible] bei Sevilla und Segovia vor, und besonders wichtig ist die [illegible] Lissabon, die sich mehr als 200 Fuss hoch über die Thal[illegible] erhebt und von Trajan herrührt.

Als Beispiel eines antiken Aquäducts ist Taf. V. Fig[illegible] *a* und *b*, ein Theil der Seitenansicht und das Querprofil [illegible] bei Nismes befindlichen Aqueduc du Gard dargestellt.*) Der[illegible] wurde entweder unter Augustus oder doch nicht viel später [illegible] baut, und führte die Quellen von Usez nach Nismes über [illegible] Thal des Gardon d'Alais. Er besteht, wie die Figuren zei[illegible] aus drei Bogenstellungen übereinander, die Spannung der bei[illegible] untern Bogenreihen beträgt 55 bis 77 Fuss, die der obern [illegible] Fuss; die Höhe über dem Wasserspiegel des Gardon misst [illegible] 160 Fuss. Die ganze Länge des Aquäducts lässt sich [illegible] mehr genau angeben, indem ein grosser Theil der obern B[illegible] nebst zugehörigen Pfeilern eingestürzt ist. Die sämmtlichen [illegible] gen sind in vollem Halbkreise ausgeführt; die untere [illegible] enthält deren 6, die zweite 10, von der obern existiren noch [illegible] Neben der untern Arkade ist im Jahre 1740 eine Brücke [illegible] geführt, deren Erbauer Pitot ist. Der Canal, in welchem [illegible] Wasser floss, ist, wie Fig. 66 zeigt, 4½ Fuss breit und 5 [illegible] tief; breite Steinplatten bedecken ihn. Man bemerkt darin [illegible] starken Ansatz von Kalksinter, wie solcher sich häufig in [illegible] alten Wasserleitungen vorfindet.

Aehnliche Anlagen wurden auch später und selbst bis [illegible] die neueste Zeit ausgeführt. Theodorich erbaute um's Jah[illegible] den Aquäduct bei Spoleto, der an Höhe und Kühnheit alle [illegible] ren übertraf; 10 Spitzbogen von 68 Fuss Spannung bilden [illegible] Unterbau und darüber trägt eine Reihe von 30 kleinern B[illegible] den Canal; nach der Zeichnung, die Gauthey davon mitt[illegible] misst die Höhe des Aquäducts über dem Wasserspiegel des [illegible] ragia 410 Fuss. Besonders in Frankreich entstanden in [illegible] letzten Jahrhunderten noch eine grosse Anzahl solcher Bauw[illegible]

*) Die Seitenansicht ist entnommen aus: *Traité de la cons[illegible] tion des ponts par Gauthey, Paris* 1809. *Tom. I.*, woselbst [illegible] rere der erwähnten Aquäducte dargestellt sind. Das Profil ist aus dem bereits citirten Werke von Genieys entlehnt.

558 der bei Arles über den Crau. 1624 wurde neben
nen des alten Aquäducts bei Arcueil ohnfern Paris unter
on Medicis ein neuer gebaut. Im 17. Jahrhunderte er-
in neben Versailles die Aquäducte von Marly und Buc,
wurde der colossale Aquäduct Maintenon begonnen, der
then lang und 240 Fuss hoch werden sollte. Nach
Jahren gab man aber wegen der enormen Kosten die-
auf. Nur wenige Bogen der untern Reihe sind ausge-
ährend drei derselben übereinander stehn sollten. End-
s noch der Aquäduct bei Montpellier erwähnt werden,
t ausführte.

er Wasserleitungen dieser Art ist in hydrotechnischer
g wenig zu bemerken. Um auf dieselben später nicht
rückkommen zu dürfen, will ich als Beispiel einer sol-
lage eine kurze Beschreibung der Leitung von Arcueil
ssen, die noch heute zur Versorgung eines Theiles von
t Wasser dient. Durch grabenförmige Einschnitte, die
Bergseiten mit trocknen Mauern eingefasst und oben
nplatten überdeckt sind, wird in den Ländereien der
en Rungis, Paret und Coutin, etwa drei Lieues südlich
is, das Wasser gesammelt und von hier in einer über-
Leitung von 7000 Toisen (3625 Ruthen) Länge nach
servoir an der Porte St. Jaques zu Paris geführt. Die-
l hat überall ein gleichmässiges Gefälle, nämlich 6 Zoll
Toisen Länge, oder 1 : 2400. Er verlässt oft sehr
die gerade Richtung, um diejenige Terrainhöhe zu ver-
wo er mit den geringsten Kosten und mit der grössten
it angelegt werden konnte. Er liegt beinahe auf seiner
Länge so tief, dass die Felder darüber bebaut werden
und in gewissen Abständen sind runde massive Thürm-
fgeführt, welche einen Zugang zu ihm gestatten und
twechsel befördern. Der wichtigste Punkt der Leitung
Jebergang über den Bievrebach in der Nähe des Schlosses
Der neue Aquäduct daselbst, dessen Seitenansicht Fig.
, schneidet das Thal rechtwinklig und an einer Stelle,
besonders schmal ist; er ist 1240 Fuss lang, in der
Fuss hoch und unten 12 Fuss breit, doch treten die
eiler zu beiden Seiten noch um einige Fuss weiter vor.

Die Anzahl der Bogenöffnungen beträgt 10, davon ist eine aber nur halb so breit, als die übrigen. Der Querschnitt der Gallerie, worin sich der Canal befindet, und zwar über dem Aquäducte, ist Fig. 68 dargestellt. Der Canal selbst ist $1\frac{1}{2}$ Fuss breit und 1 Fuss tief, ein 2 Fuss breites Banket liegt an der südwestlichen Seite, und die Höhe des Gewölbes erlaubt es, dass man bequem darin gehen und die von Zeit zu Zeit erforderlichen Reparaturen und Reinigungen vornehmen kann. In den unterirdischen Strecken, die wahrscheinlich älter sind, verändert sich einigermaassen das Profil. Statt des einen Bankets sind deren zwei angebracht, jedes von 18 Zoll Breite, auch die Höhe der Gallerie vermindert sich, jedoch beträgt sie immer noch 5 bis 6 Fuss und nur unter einigen Strassen war man gezwungen die Höhe noch mehr zu beschränken. Das Gewölbe und die freistehenden Seitenmauern sind aus Hausteinen, die überschütteten Mauern aus Bruchsteinen aufgeführt, und der Canal hat am Boden und an den Seitenwänden einen etwa $\frac{1}{2}$ Zoll starken Ueberzug von hydraulischem Mörtel erhalten. Die Quantität des zugeführten Wassers bestimmte Girard durchschnittlich auf 50 Wasserzoll; die Erklärung dieses Maasses wird im Folgenden gegeben werden.

Als eine eigenthümliche Anlage muss die Wasserleitung bei Genua, genannt delle Arcate, erwähnt werden; sie bildet den Uebergang zwischen den eben beschriebenen Aquäducten und solchen Röhrenleitungen, die man bis zur Thalsohle senkt. Auf dem Hügel Molassana, ohnfern des Geivatoflusses, wird das Quellwasser in einem Reservoir gesammelt und dieses speist eine gusseiserne Röhrenleitung von 1 Fuss Durchmesser, die theils auf dem natürlichen Abhange ruht, theils auf einer 430 Fuss langen Untermauerung mit neun Bogenöffnungen bis zum alten Aquäducte herabsteigt. Der Aquäduct ist auf 350 Fuss Länge mit acht Bogenöffnungen horizontal und etwa 60 Fuss über dem Wasserspiegel geführt worden. Alsdann steigt die Leitung auf sechs Bogenöffnungen 300 Fuss lang, und gewinnt das gegenüber liegende hohe Ufer, genannt del Pino, wo sie wieder in ein Reservoir mündet und weiterhin durch eine offene Leitung ersetzt wird. Der unterste oder der mittlere Theil des Röhrenstranges liegt 159 Fuss unter dem Reservoir, das die Röhre speisst, und 135 Fuss unter demjenigen, in welches sie ausmündet; das ganze

efälle beträgt also 24 Fuss, während die Länge der Röhren-
itung 2100 Fuss misst. Die beschriebene Einrichtung wurde
r Wasserleitung im Jahre 1782 gegeben, während seit 1293
n Aquäduct nach dem ältern Princip an derselben Stelle existirte. *)
Zur Herbeiführung des Wassers nach Constantinopel sind
hon seit langer Zeit Röhren angewendet worden, die häufig
ter einem bedeutenden Drucke wirken. Auf eigenthümliche Weise
t man hier aber die Leitung abwechselnd immer unterbrochen
d das Wasser mit der Luft in Berührung gebracht. Um dabei
cht den Vortheil der Druckhöhe zu verlieren, so war es nöthig,
offenen Bassins in der angemessenen Höhe anzulegen. Auf
lche Art sind beim Durchgange durch Thäler und bei sonstigen
rtiefungen in Abständen von etwa 600 Fuss isolirte Pfeiler
richtet, an welchen das Wasser von der einen Seite in Blei-
hren aufsteigt und sich in die Bassins auf dem Scheitel der
eiler ergiesst. Auf der andern Seite fällt es wieder in Blei-
hren nach der Röhrenleitung in der Thalsohle zurück. Es ist
bei aber noch zu erwähnen, dass auf dem höhern Terrain die
itung nicht in Röhren, sondern in offenen Gerinnen geschieht,
d dass die Röhren an der Thalsohle aus gebranntem Thon
stehn. Durch diese Anordnung beabsichtigte man wahrschein-
h, das Auffinden schadhafter Stellen zu erleichtern, theils aber
rtreten die Bassins auf diesen Pfeilern, die man in der Türkei
uterazzi nennt, auch die Stelle von Luftspunden oder Luftröhren,
e freilich nach dem, was im Folgenden darüber gesagt werden
ll, sich auf andere Art viel einfacher einrichten lassen.
Weit unscheinbarer als die erwähnten Einrichtungen sind die
eitungen, welche manche norddeutsche Städte mit Wasser
rsorgen, und namentlich finden sich solche in der Provinz
reussen mehrfach vor. Man pflegt dieselben in dortiger Gegend
mmtlich dem berühmten Copernicus zuzuschreiben. Bei Frauen-
urg, wo Copernicus Domherr war, ist das Flüsschen Baude etwa
rei Viertel Meilen oberhalb seiner Mündung in das Frische Haff
bgefangen und in einem Canale längs dem flachen Abhange des
Thalrandes nach der Stadt geleitet worden. Hier durchfliesst es

*) Vergl. das bereits erwähnte Werk von Génieys, *Essai de
onduire etc.*

die Hauptstrasse des Städtchens und treibt unter dem Hügel, worauf der Dom steht, eine Mahlmühle. Daneben befand sich in früherer Zeit noch ein Pumpwerk, das, gleichfalls von ihm getrieben, einen Theil des klaren Wassers auf den Domhof hob. Der massive Thurm, der die Wasserkunst einst enthielt, steht noch, doch ist die Maschine längst bei einem Brande zerstört und seitdem nicht wieder hergestellt. Auf ähnliche Art wird die Stadt Danzig mit trinkbarem Wasser versehn.

Besonders verdient eine nähere Beschreibung die weit ausgedehnte Leitung, welche Königsberg mit Wasser versorgt. Zwei Canäle, der Landgraben und der Wirrgraben genannt, führen das Wasser, das sich nordwestlich von Königsberg auf einem Flächenraume von etwa zwei Meilen sammelt, in ein weites Bassin am nördlichen Rande der Stadt. Dieser künstliche See, der Oberteich genannt, hat eine Ausdehnung von etwa 300 Morgen, und ist durch Schliessung eines Thales entstanden, doch erhebt sich das Wehr oder der Damm, der das Wasser aufstaut, nicht nur bis zur Höhe der natürlichen Thalufer, sondern sogar über dieselben, und seine Seitenflügel erstrecken sich aufwärts, um einen Stau bis über die Terrainhöhe zu gewinnen. So geschieht es, dass der Wasserspiegel des Sees höher liegt, als jeder Theil von Königsberg; er befindet sich 70 Fuss über dem mittleren Stande des Pregels, und der Schlossteich, der innerhalb der Stadt einen zweiten künstlichen See in demselben Thale bildet und der sich bis nahe an den Fuss des ersten Dammes erstreckt, liegt 36 Fuss unter dem Oberteiche. Zwei Reihen von Mühlen, eine grosse Menge von Brunnen, die zum Theil fliessende Brunnen sind, und mehrere Springbrunnen werden durch diese Wasserleitung gespeisst. Der letzte Theil der Anlage zeigt indessen nichts Bemerkenswerthes, wohl aber ist dieses der Fall mit den beiden oben erwähnten Speisegräben und namentlich mit dem einen derselben, welcher der Landgraben heisst. Dieser leitet drei grössere Bäche, die auf der Wasserscheide zwischen der Ostsee und dem Haffe oder dem Pregel entspringen, nach dem Oberteiche, und indem er sich am südlichen Abhange der Anhöhe hinzieht, musste er nach der Aufnahme des ersten Baches noch die Thäler der beiden folgenden überschreiten. Es trat also hier dieselbe Schwierigkeit ein, deren oben Erwähnung geschehn ist, und die Art, wie sie hier über-

wunden, ist von den bezeichneten Methoden wesentlich verschieden, indem die Thäler dicht unterhalb des Landgrabens durch Dämme geschlossen sind, so dass der Bach, der sie bildete, sich davor so weit aufstaut oder zu grossen Teichen ausdehnt, bis er hoch genug angeschwollen ist, um in der Fortsetzung des Landgrabens nach Königsberg fliessen zu können. Diese Teiche sind niemals Mühlenteiche, wohl aber treiben die Bäche weiter oberhalb oder unterhalb verschiedene Mühlen, und in den erwähnten Dämmen befinden sich Freiarchen, um bei starken Anschwellungen ein Ueberströmen und sonach ein Durchbrechen der Dämme zu verhindern. Es gewährt diese Methode den Vortheil, dass sie nicht nur die Ausführung der kostbaren Aquäducte entbehrlich macht, sondern auch erlaubt, die Wassermenge von allen Bächen mit aufzunehmen, welche die Leitung durchschneidet. Dabei werden freilich sehr bedeutende Flächen Landes der Cultur entzogen und man würde deshalb heut zu Tage bei einer ähnlichen Anlage von diesem Mittel nie Gebrauch machen können. Endlich muss ich noch erwähnen, dass der Graben mit sorgfältiger Beachtung der Terrainhöhe so gezogen ist, dass er auf der südlichen Seite mit einer niedrigen Verwallung eingefasst ist. Seine mittlere Breite mag etwa 18 Fuss messen und seine Tiefe 2 Fuss; die Geschwindigkeit der Strömung beträgt ungefähr 9 Zoll in der Secunde.

Solche offene, im natürlichen Boden eingeschnittene Speisegräben sind an sich so einfach, dass ihre Anlage keiner näheren Beschreibung bedarf, es wird aber bei Gelegenheit der Schiffarthskanäle davon die Rede sein, wie man die Ausführung der Erdarbeiten anzuordnen und welche Vorsichtsmaassregeln man zu beachten hat, um ein Durchsickern des Wassers durch den Boden und die Dämme möglichst zu vermeiden. Dabei ist noch die Reinhaltung des Wassers Hauptbedingung. Um zu zeigen, wie man für diese sorgen kann, mag die Beschreibung der New-River Leitung bei London folgen.

Als London nach und nach an Ausdehnung gewonnen hatte und wegen der engeren Bebauung des alten Theiles der Stadt die Brunnen ihre frühere Ergiebigkeit verloren, auch die kleineren Pumpwerke, die namentlich an der alten Londonbrücke existirten, sich als ganz unzulänglich zeigten, da trat 1606 und 1607 eine Actiengesellschaft zusammen, um die Flüsschen Chadwell und

Amwell in Herfordshire nach London zu leiten und deren Wasser daselbst zu vertheilen. Das Vertrauen zu Unternehmungen dieser Art war indessen damals noch so geringe, dass nur das Anerbieten eines gewissen Hugh Myddelton, die ganze Anlage auf eigne Gefahr und Kosten auszuführen, einen endlichen Angriff der Arbeiten bewirkte. Die Kosten waren aber viel höher, als dieser unternehmende Mann erwartet hatte, sein Vermögen war bald erschöpft und das ganze Werk schien wieder aufgegeben zu werden, da die Communalbehörden jeden Beitrag versagten. Da trat der König Jacob I. ins Mittel und bewilligte die fehlenden Gelder; mit neuem Eifer wurden die Arbeiten begonnen und am 29. Septbr. 1613 füllten sich zur allgemeinen Verwunderung und Freude der Einwohner die Reservoire im New-River Head im Kirchspiel Clerkenwill. Jetzt erst, nachdem der Erfolg gesichert war, trat die Gesellschaft zusammen und im Jahre 1619 wurde sie gesetzlich bestätigt. Die aufgefangenen Quellen sind in gerader Linie nur 20 engl. Meilen von London entfernt, die Länge des Canals beträgt aber 38¾ engl. oder 8¼ deutsche Meilen, indem die Unebenheit des Terrains vielfache Krümmungen nothwendig machte. Die Breite des Canals ist durchschnittlich 18 Fuss und die Tiefe sollte 5 Fuss messen. Das Gefälle beträgt 3 Zoll auf die engl. Meile oder 1 : 21120. Unter den ausgeführten Werke befanden sich auch mehrere Brückencanäle, die aber, da sie nur aus Holz erbaut und durch eine Ausfütterung mit Bleiplatten gedichtet waren, bald schadhaft wurden, und die man nach und nach durch massive Durchlässe ersetzte, die auf einer Erdanschüttung den Canal trugen; letzterer wurde in der Sohle und der innern Dossirung mittelst eines Thonschlages wasserdicht gemacht. Die erwähnten beiden Flüsschen genügten indessen bald nicht mehr für die immer grössere Ausdehnung der Leitungen in London und da der Leafluss unmittelbar neben dem Canale oder dem New-River ausströmte, so wurde auch dieser zur Speisung des letzteren benutzt und grosse Wassermengen demselben für die Wasserleitung entzogen. Dieses Verfahren hatte man mehrere Jahre hindurch schon angewendet, als die Lea-Schiffahrtsgesellschaft darüber Klage erhob. Nach langen Debatten wurde endlich ums Jahr 1738 die Berechtigung zur Entnehmung gewisser Wassermassen aus dem Lea durch einen Beschluss des Parlaments

festgestellt. Die Grösse der Abzugsöffnungen wurde darin genau bezeichnet und die jährliche Entschädigung an die Schiffahrtsgesellschaft bestimmt, doch erst im Jahre 1770 wurden diese Oeffnungen dargestellt und zwar in Marmorplatten.

Um das Wasser in dem New-River rein zu erhalten, hatte die Gesellschaft schon lange durch eine Bill das Verbot ausgewirkt, dass niemand Steine, Erde, Schmutz, todte Thiere oder thierische Stoffe, noch sonst irgend welche nachtheilige Körper hineinwerfen, ferner dass niemand Wolle, Hanf, Flachs oder irgend welche ungesunde oder unreine Stoffe darin waschen, und endlich, dass niemand die Anlage beschädigen oder ohne besondere Erlaubniss daraus Wasser entnehmen sollte. Einen sehr grossen Uebelstand verursachte der Reiz, in dem klaren und frischen Wasser des New-River zu baden. Um dieses abzustellen, erbot sich die Gesellschaft, zu Freibädern das Wasser unentgeltlich zu liefern, falls die Stadt London die Kosten für die Einrichtung derselben übernähme. Der Vorschlag fand indessen nicht Eingang und sonach dauert der Missbrauch fort; die Gesellschaft lässt freilich durch ihr Aufsichtspersonal das Baden möglichst verhindern, wenn aber jemand betroffen wird, so kann er nicht bestraft werden, denn der einzige Rechtstitel, der eine Klage begründen würde, wäre der Einbruch in fremdes Eigenthum, und da hierauf Deportation steht, so wird durch Billigkeitsrücksichten jede weitere Verfolgung abgeschnitten. Auf jede vier Meilen Länge des Canals ist ein Aufseher angestellt, der namentlich darauf achten muss, dass die benannten Bestimmungen in Bezug auf die Reinhaltung des Wassers nicht übertreten werden. Das Unkraut wird regelmässig im Canale geschnitten, und um alle schwimmenden Körper aufzufangen, sind stellenweise Drahtnetze durchgezogen, die aber jedesmal in einer Erweiterung des Bettes liegen, damit hier die Geschwindigkeit sich mässigt und sonach die Körper um so sicherer aufgefangen werden. An diesen Stellen schlägt sich auch vorzugsweise der im Wasser schwebende Schlamm nieder und daher wird hier vierteljährlich eine Reinigung vorgenommen.

Es bleibt noch übrig, von denjenigen Wasserleitungen zu sprechen, welche nicht durch hochgelegene Quellen oder Bäche, sondern mittelst Pumpwerken aus Strömen gespeist werden. Die Anlagen dieser Art sind am wenigsten von den

Localverhältnissen abhängig; sie lassen sich überall ausführen, und gestatten auch jede beliebige Ausdehnung, indem die Wassermenge, die man vertheilen will, jedesmal disponibel ist, und es nur darauf ankommt, die Schöpfmaschinen darnach einzurichten. Die Kostbarkeit der Maschinen, sowohl in der ersten Anlage, als der Unterhaltung, setzt indessen dieser Methode oft unübersteigliche Hindernisse entgegen, und dazu kommt häufig noch die Besorgniss, dass Beschädigungen dabei oft vorkommen, und die Wasserleitung unterbrechen möchten. Gewiss ist bei schlechten Maschinen diese Besorgniss sehr begründet, man hat daher in früherer Zeit auch oft Bedenken getragen, hiervon Anwendung zu machen. Die grosse Vollkommenheit, die man gegenwärtig den Maschinen geben kann, vermindert indessen so sehr die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Stockung, dass man dieselbe und vielleicht noch eine grössere Sicherheit erreicht, als wenn das Wasser sich mit seinem natürlichen Gefälle bewegt. Es giebt in der That viele andere Anlagen, welche allein auf den regelmässigen Gang von Maschinen basirt sind; so die meisten grösseren Fabriken und in noch höherem Grade viele Bergwerke, wo nicht nur der Betrieb unterbrochen, sondern auch die Arbeit gefährlich werden würde, wenn die Wasserhebungsmaschinen den Dienst versagen sollten. Wenn es überdies einer besondern Erfahrung für die Zulässigkeit von Wasserhebungsmaschinen zur Speisung der Brunnen und dergleichen bedürfte, so fehlt diese keineswegs mehr, denn die Wasserleitungen von London werden gegenwärtig grösstentheils auf diese Weise versehn.

Schon im Jahre 1724 wurden die Chelsea Water-Works unterhalb London eingerichtet, die durch Dampfmaschinen gespeist werden. Die meisten übrigen Leitungen entstanden erst in diesem Jahrhunderte. Hierher gehören die West-Middlesex Water-Works, die bei Hammersmith das Wasser aus der Themse schöpft. Die Grand Junction-Company musste sich wegen der Unbrauchbarkeit des Wassers des Brent und Colne-Flusses, die den Grand Junction-Canal speisen, gleichfalls entschliessen, aus der Themse und zwar in der Nähe von Chelsea zu schöpfen. Die Southwark Water-Works heben in London selbst das Wasser aus der Themse, ebenso die Lambeth Water-Works und South London Water-Works. Nur die unter dem Namen des New-River bekannte Leitung, w

r bereits die Rede war, führt Quellwasser mit dem natürlichen fälle nach London; dieses war indessen bei grösserer Ausdehnung r Leitung auch nicht mehr hinreichend. Es musste eine Dampf- schine gebaut werden, um die höheren Theile der Stadt versorgen können, und ausserdem sah man sich gezwungen, noch andere ftige Dampfmaschinen in Bereitschaft zu halten, welche man Füllung des Bassins benutzt, so oft der New-River bei an- tendem Froste seine Zuflüsse verliert, oder eine Sperrung und ckenlegung desselben wegen vorzunehmender Reparaturen oder nigungen nothwendig wird. *)

Andere Städte Grossbritanniens, und namentlich Manchester d Glasgow, werden ausschliesslich durch Wasserhebungsmaschinen sehn. Dasselbe Princip ist vielfach auch in Nord-Amerika geführt, und besonders interessant ist hier die Wasserleitung n Philadelphia. Etwa 1½ engl. Meilen oberhalb der Stadt bei irmount liegen am Shuylkill die Wasserwerke, die in den Jah- n 1819 bis 1822 erbaut wurden. Unter einem Winkel von he 45 Graden ist ein hölzernes Wehr von 1600 Fuss Länge d bis 24 Fuss Höhe zur Anspannung des Wassers durch den luss geführt. Der dadurch erzeugte Stau beträgt 12 Fuss und ie Stauweite erstreckt sich 6 englische Meilen aufwärts. Auf der echten Seite des Wehres und beinahe parallel mit demselben zieht ich der Schiffahrtscanal hin, der zwei Schleusen enthält, auf der inken dagegen, wo das Wehr mit dem Ufer convergirt, befinden ich die Wasserräder und Pumpwerke. Hier sind Gerinne für cht Räder eingerichtet, doch waren 1837 erst 6 derselben auf- gestellt. Die Räder haben eine Breite von 15 Fuss und eine Höhe von 16 Fuss und treiben jedes eine Druckpumpe. Da die Fluth bis an das Wehr sich erstreckt und hier zur Zeit der Springfluthen den Wasserspiegel noch um 6 Fuss hebt, so können die Werke nicht fortdauernd im Betriebe erhalten werden und durchschnittlich müssen sie in jedem Monate während 64 Stunden ausser Thätigkeit gesetzt werden. Jede Pumpe ist mit einer be- sonderen Steigröhre aus Gusseisen von 16 Zoll Durchmesser versehn, die das Wasser 92 engl. Fuss oder 90 Fuss Rheinl. hebt und es in die Reservoire ausgiesst. Durchschnittlich liefert

*) Vergl. Matthew's *Hydraulia.*

jede Pumpe täglich 530000 Gallons oder 78000 Cubikfuss, und man hat beobachtet, dass 30 Cubikfuss Aufschlagwasser einen Cubikfuss in die Reservoire heben. *) In ähnlicher Art wird Richmond in Virginien mit Wasser versehn. In Pittsburg am Ohio wird die Wasserleitung gleichfalls durch eine Dampfmaschine von 84 Pferde Kraft gespeisst; sie schöpft täglich 1500000 Gallons oder 220000 Cubikfuss 116 Fuss hoch aus dem Ohio. In Cincinnati am Ohio wurde 1820 eine Schöpfmaschine angelegt, die durch einen Pferdegöpel betrieben wurde, doch sehr bald ersetzte man letzteren durch eine Dampfmaschine, die täglich 1730000 Gallons oder 255000 Cubikfuss 160 Fuss hoch hebt.

Auch in Frankreich werden die Wasserleitungen häufig durch Pumpwerke aus Flüssen gespeist. Zunächst muss hier die berühmte Maschine bei Marly erwähnt werden, die an Steighöhe alle übrigen übertrifft, wenn man nicht etwa die Soolenleitung bei Berchtesgaden damit in Parallele stellen will. Vierzehn Wasserräder hoben in früherer Zeit in drei Absätzen das Wasser auf die Wasserleitung bei Marly; jedes Rad trieb 1) die Saug- und Druckpumpen, die das Wasser in das 100 Toisen entfernte Reservoir auf 150 Fuss hoben; 2) das Gestänge, welches hier die zweite Druckpumpe bewegte, die das zweite Reservoir füllte; dasselbe lag 224 Toisen davon entfernt und 175 Fuss höher, und endlich 3) die Fortsetzung des Gestänges, das hier eine dritte Pumpe trieb. Diese hob das Wasser um 177 Fuss nach dem 290 Toisen entfernten Aquäducte. Die ganze Länge der Steigröhren betrug demnach 614 Toisen oder 3813 rheinl. Fuss und das Wasser wurde gehoben um 502 pariser oder 520 rheinl. Fuss. **) Diese Maschine wurde 1682 in Thätigkeit gesetzt, die vielfachen Reparaturen, die daran vorkamen, waren indessen Veranlassung, dass man bei der zunehmenden Vervollkommnung des Maschinenbaues auch vielfache Aenderungen und Vereinfachungen einführte. 1823 waren fünf Wasserräder gänzlich beseitigt, und von den übrigbleibenden neun, die zwar sauber ausgeführt, jedoch nur sehr unvollkommen angeordnet waren,

---

*) *David Stevenson, sketch of the civil engineering of North-America.* London 1838.

**) *Belidor, architecture hydraulique. Vol. II.* Paris 1782.

nden sich nur zwei in regelmässigem Betriebe. Die hölzer- Röhren waren damals durch eiserne ersetzt worden und die tänge und Pumpen auf dem Ufer existirten nicht mehr. Die pen hoben mit einem Male das Wasser auf die ganze Höhe 520 Fuss, und so aufmerksam ich auch die Röhrenleitung Fusse des Ufers untersuchte, konnte ich doch keine Stelle ecken, wo das Wasser durchschwitzte. Man baute damals Gebäude für eine Dampfmaschine, welche die Wasserräder tzen sollte.

In Paris selbst existiren schon seit langer Zeit einige Pump- ke, welche durch die Seine getrieben werden und das Wasser Seine in die nächste Umgebung leiten. Dieses ist das Werk Pont Neuf, gewöhnlich nach einer Sculptur am fliessenden nnen die Samaritanerin genannt, und ebenso ein anderes rk auf Pont Notre Dame. Beide beschreibt Bélidor. Späterhin d manche andere Anlagen hinzugekommen, die zum Theil keinen ausgedehnten Leitungen in Verbindung stehn, und denen das gehobene Wasser, nachdem es gereinigt ist, in fässe gefüllt und verkauft wird. Besonders wichtig sind die mpfmaschinen Chaillot und Gros-Caillou, welche am rechten d linken Seineufer kurz vor deren Austritt aus Paris das asser heben und grosse Theile der Stadt damit versorgen. ie erste, bestehend aus zwei sehr grossen Maschinen nach dem teren Wattschen-Principe, hebt das Wasser 118 Fuss hoch in e ausgedehnten Reservoire auf der Anhöhe hinter den Elysei- hen Feldern neben dem Thore Barrière des réservoirs. ie Maschine Gros-Caillou am linken Seineufer ist viel unbe- utender, und giesst das gehobene Wasser in ein kleines Bassin s, welches etwa 100 Fuss über dem Spiegel der Seine in einem hurme auf dem Maschinengebäude selbst angebracht ist.*) Der össte Theil von Paris wird freilich durch den Ourcq-Canal speist, von dem später bei Gelegenheit der Schiffahrtscanäle e Rede sein wird; aber die Ausführung desselben, die unter apoleon begonnen wurde, war mit solchen nicht geahnten hwierigkeiten jeder Art verbunden, dass die gänzliche Voll- dung erst nach einem Viertel-Jahrhundert erfolgte, oder eigent-

*) Vergl. meine Beschreibung neuerer Wasserbauwerke.

lich auch jetzt noch nicht eingetreten ist. Man hatte sich nicht allein in den Kosten getäuscht: Die Wassermenge sollte 13500 Wasserzolle betragen, war aber kaum halb so gross. Sonach kann dieses Beispiel keineswegs zur Empfehlung dieser Methode dienen, und Génieys hat gewiss recht, wenn er behauptet, dass man durch Anlage von Schöpfmaschinen und Filtrirapparaten weit schneller, wohlfeiler und vollständiger den Zweck erreicht haben würde.

Man hat bei Wasserleitungen, die in der neueren Zeit in Frankreich ausgeführt sind, auch vorzugsweise die Speisung durch Pumpwerke gewählt: so wird zu Béziers durch eine Dampfmaschine das Wasser aus dem Orb-Flusse 217 Fuss hoch gehoben, und es fliesst in ein kleines Bassin, das auf dem Scheitel eines 18 Fuss hohen Pfeilers unmittelbar am Rande des hohen Ufers angebracht ist. Es fällt von hier sogleich wieder zum Fusse des erwähnten Pfeilers herab und ergiesst sich dann beinahe in derselben Höhe und in 217 Fuss Entfernung in das Hauptbassin auf dem Platze St. Louis. Der Pfeiler hat, wie es scheint, ähnlich den oben erwähnten Suterazzi in der Türkei, nur den Zweck, der Luft einen Ausweg zu gestatten, welche in den horizontalen Strecken der Bewegung des Wassers hinderlich sein würde. Das geförderte Wasser beträgt hier nur 18 Zoll oder 465 Cubikfuss in der Stunde, und zwar ist der Unternehmer nur verpflichtet, die Maschine während 14 Stunden an jedem Tage im Gange zu erhalten. *)

Viel wichtiger als diese Anlage ist die gleichfalls vor wenigen Jahren eingerichtete Wasserleitung, die in Toulouse das Wasser der Garonne verbreitet. Hier wird das Pumpwerk durch Wasserräder bewegt. Die ganze Anordnung ist in allen Theilen mit grosser Ueberlegung und Vorsicht getroffen worden, und hat nach der Mittheilung, die d'Aubuisson davon macht **), ihren Zweck vollständig erfüllt. Ich wähle daher die hier ausgeführte Wasserhebungsmaschine, um die Beschreibung einer solchen beispiels-

---

*) *Maffre Mémoire sur l'approvisionnement d'eau de Béziers* in den *Annales de ponts et chaussées.* 1831. II.

**) *Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse* in den *Annales des ponts et chaussées.* 1838. II.

eise zu geben, und will das Historische über die Entstehung er ganzen Anlage kurz voranschicken. Ein Bürger aus Touuse, Namens Ch. Lagane, vermachte der Stadt 50000 Francs, m dafür eine Wasserleitung anzulegen, die mit reinem und klarem rinkwasser aus der Garonne gespeist würde, und zwar setzte r fest, dass dieses Capital beim Tode seiner Frau ausgezahlt erden sollte, dass es aber zehn Jahre später an seine Erben ieder zurückgezahlt werden müsste, falls die ganze Anlage alsnn noch nicht fertig wäre. Im Jahre 1817 nahm die Commune eim Tode der Frau die Erbschaft in Empfang, und da die Summe ir das Bedürfniss augenscheinlich lange nicht genügte, so enthloss sie sich, den bei weitem grösseren Theil der Kosten selbst u tragen.

Zunächst entstand die Frage, ob man das Wasses aus der aronne neben der Stadt durch Pumpwerke heben, oder es vielicht von oberhalb durch künstliche Canäle mit Benutzung des türlichen Gefälles herbeiführen sollte, wobei auch auf andere uellen Rücksicht genommen wurde. Die meisten Stimmen des tadtrathes waren für das letzte Project und zwar aus dem Grunde, eil man meinte, dass die Maschinen häufig ihren Dienst vergen würden, d'Aubuisson wusste indessen durch Aufführung n Beispielen an andern Maschinen diese Zweifel zu beseitigen d man entschied sich für das Pumpwerk; doch wurde bestimmt, ss deren zwei und zwar ganz unabhängig von einander eingechtet werden sollten, damit bei zufälligen Beschädigungen doch mer eines im Gange erhalten werden könnte. Was die Wahl r Betriebskraft betrifft, so entschied man sich mit gutem Grunde r die Wasserkraft, da diese hier vorhanden war und sogar zwei auwerke neben der Stadt hinter einander existirten, die man nutzen konnte, während die Kosten für die Beschaffung der euerung bei einer Dampfmaschine sehr ansehnlich gewesen ären. Endlich wurde noch die Quantität des zu hebenden Wasrs ermittelt und diese auf 200 Wasserzoll, d. h. auf 124000 einl. Cubikfuss in 24 Stunden festgestellt; diese Wassermasse usste aber 20 Meter oder 63¾ Fuss gehoben werden, um alle Theile der Stadt versehn zu können.

Nachdem diese Hauptbedingungen festgestellt waren, wurde der Weg der Concurrenz eröffnet und dem Verfasser desjenigen Pro-

jects, welches gewählt werden würde, die Ausführung der A
und eine Vergütung von 5 Procent der wirklichen Anlagek
zugesichert. Es gingen mehrere Projecte ein, doch nur
darunter zeichnete sich durch sorgfältige Bearbeitung und
sehr zweckmässige und dem neueren Zustande des Masch
baues entsprechende Anordnung der ganzen Anlage aus. E
von dem in Toulouse wohnenden Maschinenbauer Abadie a
stellt. Für dieses entschied sich die Commune, und das Mi
rium bestätigte dasselbe im Juni 1821, empfahl aber die Befo
des Gutachtens, welches die oberste Baubehörde in Frank
darüber abgegeben hatte und welches manche Vorschläge zu
änderungen enthielt. Ein Theil dieser Vorschläge wurde
bereitwillig angenommen, während die übrigen durch die vo
Commune gewählten Ingénieure für die dortigen Localverhäl
nicht passend gefunden wurden; dagegen traten noch m
andere Abänderungen ein nach Maassgabe der näheren
suchung des Terrains und sonstiger neuerer Erfahrungen.
folgenden Beschreibung der Wasserhebungsmaschine, wie sie
lich zur Ausführung gekommen ist, übergehe ich den Filtrira
wovon später die Rede sein wird.

Von den beiden Stauanlagen, die neben der Stadt vorh
waren, wählte man zum Betriebe des Werkes die untere und
theils wegen der grösseren Festigkeit des daselbst liegenden
und theils wegen der grösseren Räumlichkeit, wozu noch
dass man hier dem Angriffe des Stromes nicht ausgesetz
Diese Vortheile waren überwiegend gegen die, welche das
Wehr geboten hätte, letztere bestanden aber in der bed
grösseren Nähe am Haupttheile und zugleich dem höchsten
der Stadt und in der Gewinnung des oberen Staues für die
höhe. Die Maschine wurde dicht oberhalb der steinernen
und zwar an das linke Ufer der Garonne gestellt, während
louse grösstentheils am rechten Ufer liegt. Das Wasse
Betriebe der Maschinen wird durch einen überwölbten Can
7½ Fuss Breite, 5½ Fuss Höhe und 11 Ruthen Länge zug
und fliesst durch einen anderen Canal, der im Ganzen 297
lang ist, nach der Rhone zurück. Der nächste Theil des
von 200 Ruthen Länge verfolgt die Strassen der Vorsta
Cyprien, musste daher wieder überwölbt werden. Seine

beträgt hier 6½ Fuss und seine Höhe 5½ Fuss. Diese Anlage war sehr schwierig, insofern die Sohle oft mehr als 30 Fuss unter das Strassenpflaster traf. Der folgende Theil des Canals von 97 Ruthen Länge, der in freiem Felde befindlich ist, konnte als offener Graben dargestellt werden. Das ganze Gefälle zwischen der obern und untern Mündung des Canals beträgt zur Zeit des niedrigen Sommerwasserstandes 17 Fuss 5 Zoll und dieses ist folgendermaassen vertheilt: das nutzbare Mühlengefälle beträgt 9 Fuss 3 Zoll, das des Untergrabens 4 Fuss 9 Zoll, und die übrigbleibenden 3 Fuss 5 Zoll sind zum Betriebe einer Sägemühle vorbehalten, die neben der Ausmündung in die Garonne erbaut ist. Letztere muss bei vorkommenden Anschwellungen des Flusses ausser Betrieb gesetzt werden, dagegen geschieht es nur sehr selten, dass der Stau sich bis unter die Räder des Pumpwerkes erstreckt und diese zu baden anfangen. Hierdurch hat man den Vortheil erreicht, dass das Hochwasser die Wirksamkeit der Maschine nicht unterbricht.

Die Anordnung der Räder, Pumpen und Steigröhren ergiebt sich aus den Figuren 71, *a*, *b*, *c* und *d* auf Taf. VII., welche die Seitenansicht, den Durchschnitt und zwei Grundrisse des Gebäudes darstellen. Dieses Gebäude besteht aus einem runden Thurme, den unten eine überwölbte Gallerie umgiebt. In letzterer liegen die beiden Wasserräder mit ihren Gerinnen, ferner die Bassins, die acht Pumpen mit ihren Balanciers und überhaupt die ganze Maschinerie. Der Thurm enthält dagegen die Steigeröhren und Abfallröhren, sowie in seinem obern Theile das kreisförmige Bassin, zu dem das Wasser gehoben wird und den Apparat zum Messen des Wassers. Bei *A* (Fig. 71, *c*) tritt das Betriebswasser in die erwähnte Gallerie hinein: zwei Canäle, die rechts und links abgehn, führen es nach den Kropfgerinnen der beiden Räder und ein dritter schmalerer Canal durchschneidet diametral das ganze Gebäude. Letzterer dient dazu, der unterhalb belegenen Sägemühle den nöthigen Wasserzufluss zu sichern, falls wegen Reparaturen, oder aus andern Gründen nur eine der beiden Wasserhebungsmaschinen benutzt wird, und sonach das eine Gerinne geschlossen bleibt. Dicht unterhalb des Gebäudes bei *B* vereinigen sich wieder die drei Gerinne und bilden gemeinschaftlich den überwölbten Untercanal. Das gereinigte Wasser, welches durch die Pumpen gehoben

werden soll, tritt bei *C* in das Gebäude und fliesst in
mauerten Canale unter den drei Canälen, die hier noc
wasser enthalten, bis gegen die äussere Umfassungsmaue
Es fällt durch Verbindungsröhren in vier Bassins *E.*
stehn durch andere Röhren wieder mit den Untercanälen
bindung und man kann durch acht Ventile jedes einzelne
beliebig mit filtrirtem Wasser füllen, oder trocken legen.
der beiden Gerinne hängt ein Wasserrad von 18½ Fuss
4 Fuss Breite. Diese Räder bestehn mit Ausnahme der
aus Gusseisen und sind Kropfräder jedoch nach der
Strauberräder so gebaut, dass die Schaufeln auf der
beiden Kränze stehn, wodurch der Spielraum zwischen de
feln und dem Gerinne sehr verringert werden konnte.
eiserne Welle jedes Rades ist an jedem Ende mit einer
und Krummzapfen versehn und diese treiben mittelst d
stangen die Balanciers. Letztere sind 9 Fuss lang un
an jedem Ende Kreisbogen, auf welche die Ketten sich
die Pumpenstangen heben. Auf solche Art treibt jede
vier Pumpen. Sie sind Druckpumpen, doch haben sie
wöhnliche Kolben, die in ausgebohrten Stiefeln sich
sondern sogenannte Plungerkolben aus hohlen bronzenen
von 10½ Zoll Durchmesser. Die Hubhöhe scheint etwa
zu betragen. Die Art, wie diese Kolben gehoben werden
es nicht, sie durch die Maschine selbst herabzustossen,
Zwecke mussten sie vielmehr besonders beschwert werden
Umstand war in dem erwähnten Gutachten der oberst
behörde gerügt worden, und allerdings muss die grosse
rung der todten Last unpassend erscheinen, welche da
in die Steigröhren drücken soll; man behielt die Einrich
dessen bei, um das Parallelogramm oder eine andere
Vorrichtung zur senkrechten Führung der Pumpenstange
behren. Die beiden an jedem Balancier befindlichen Pu
sonach abwechselnd spielen, drücken das Wasser in eine
schaftliche Steigeröhre *F*, und je zwei derselben, die von d
Wasserrade gespeisst werden, verbinden sich im Thurm
Röhren *G* (Fig. 71, *b*). Die letzteren giessen jede ihr
in ein sichelförmiges Bassin *H* (Fig. 71, *b* und *d*), vo
fliesst es nach der in Frankreich üblichen Methode durch

gen in die zweiten ebenso gestalteten Bassins *J* und aus in das ringförmige Bassin *K*. Beim letzten Durchflusse lie Wand zwischen *J* und *K* passirt es die kreisförmigen gen, welche die Anzahl der Wasserzolle bestimmen, und an in der Mitte des innern ringförmigen Bassins steht, an die Wirksamkeit jeder einzelnen Maschine mit einem beurtheilen. Das letzterwähnte Bassin steht mit den drei hren *L* in Verbindung, von denen zwei über die Brücke m Haupttheile der Stadt gehn und die dritte die Vorstadt rien am linken Ufer der Garonne versorgt.

em das Wasser aus den Bassins *E* unmittelbar in die fliesst, so konnte man die Windkessel entbehren, die i Druckpumpen von grosser Steighöhe und überhaupt bei Röhrenleitungen wesentlich sind und den sanften Gang der e bedingen. Bei der Wassersäulenmaschine bei Berch-, wo man Anfangs auch in den langen Leitungen das stossweise anzog und wieder zur Ruhe kommen liess, sich sogar luftleere Räume, indem das entfernte Wasser hnell genug folgen konnte, und wenn die Wassersäule len atmosphärischen Druck sich wieder schloss, so er-desmal das ganze Gebäude. Auch bei Béziers und in andern Fällen gab sich der Mangel an Windkesseln eftiges Stossen und durch einen schweren Gang der Pum-erkennen, so dass man sich gezwungen sah, sie noch glich anzubringen. Noch verdient erwähnt zu werden, n bei Druckpumpen, die das Wasser hoch heben, gern en von unten in die Cylinder treten lässt, um am obern ler letztern die Ventile anzubringen, welche nach den ren führen. Man erlangt dadurch den Vortheil, dass vollständig entweicht und sonach deren abwechselnde ssion und Ausdehnung keinen Kraftverlust verursacht.

ch mag bemerkt werden, dass vor der Anlage der Röh-ngen in Toulouse die eine Maschine aufgestellt wurde. zu versuchen und um zugleich dem Publikum ihre Wirk-zu zeigen, setzte man sie am 25. Mai 1825 in Gang ss das Wasser aus den obern Fenstern des Thurmes irzen. Drei Jahre später stellte man erst die zweite Ma-auf und seitdem ist nach der Mittheilung vom Jahre 1837

niemals eine Unterbrechung eingetreten, und die vorkommend
Reparaturen sind nur unbedeutend gewesen. Die Kosten betrug

1) für Zu- und Ableitung des Betriebswassers 170000 Fra
2) für das Maschinengebäude . . . . . 92000 -
3) für die Maschinen . . . . 106000 -

Summa 368000 Fra

§. 19.

Messung des Wassers in den Leitungen.

Wenn man Wasserleitungen durch Quellen speisen will,
entsteht zunächst die Frage, ob diese dem Bedarfe entsprec
Die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches lässt sich
nähernd (§. 6) aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des T
rains beurtheilen, welches die Zuflüsse liefert. Man darf
nicht hoffen, auf diese Art eine grosse Genauigkeit zu erreic
aber nichts desto weniger sichert eine solche Betrachtung
vor groben Täuschungen, denen man sich durch eine einma
directe Messung leicht aussetzen kann. Am sichersten is
in verschiedenen Jahreszeiten die Messung der Wassermeng
wiederholen. Dieses Verfahren ist aber mühsam und h
unausführbar, man muss sich daher gemeinhin mit einer
nähernden Schätzung begnügen.

Die Messung der Wassermenge geschieht gewöhnlich, i
man an einer ziemlich regelmässigen Stelle des Baches das I
und die mittlere Geschwindigkeit bestimmt. Es ist
selbe Methode, die auch bei Flüssen und Strömen angew
wird; ihre specielle Beschreibung wird daher im zweiten T
einen passenderen Platz finden. Es tritt indessen bei der U
suchung von Bächen und Quellen der Uebelstand ein, das
geringe Wassertiefe häufig die Geschwindigkeitsmessungen
genau genug anstellen lässt, und überdies zeigen sich hier
gemeinhin grosse Abweichungen zwischen den Geschwindigk
an verschiedenen Stellen desselben Profiles. Hiernach is
Bestimmung geringer Wassermengen aus ihrer mittleren
schwindigkeit keineswegs sicher, und man hat dafür a
Methoden angegeben und benutzt, von denen hier die Rede
soll. Gewöhnlich wird dabei der Quell in ein Gefäss

kanntem Inhalte geleitet und die Zeit beobachtet, während
lcher die Füllung geschieht. Bei kleinen Bächen, und nament-
h wenn sie stellenweise ein grösseres Gefälle haben, sind die
rbereitungen zu einer solchen Messung nicht schwierig, wenn
s Resultat aber sicher sein soll, so muss man zwei Umstände
bei nicht ausser Acht lassen, nämlich

) muss die Messung während eines constanten und gleichmässigen Abflusses erfolgen, damit die aufgefangene Wassermenge wirklich diejenige ist, die der Bach in derselben Zeit regelmässig abführt. Man darf also nicht etwa den Bach durchdämmen, und sobald er eine gewisse Höhe des Dammes oder eine darin angebrachte Ausflussöffnung erreicht hat, die überströmende Wassermenge messen. Es muss vielmehr, wenn dergleichen Anlagen gemacht sind, die Messung nicht früher beginnen, als bis der Beharrungsstand eingetreten ist, d. h. bis der Wasserspiegel oberhalb der Stauvorrichtung sich nicht mehr ändert.

) Darf man den künstlichen Stau, der zu diesem Zwecke erzeugt wird, nicht zu hoch treiben, denn in diesem Falle dringt ein Theil des Wassers in den Boden, und durch diesen in das Unterwasser, woher das beobachtete Resultat zu klein ist.

Am vortheilhaftesten ist es, zur Messung eine Stelle zu
hlen, wo die Ufer geschlossen sind und das Gefälle recht
rk ist. Hier fängt man den Quell in einer Rinne auf, und
ibt neben derselben das wasserdichte Gefäss in das Bette ein.
bald die Strömung in der Rinne zum Beharrungsstande ge-
mmen ist, oder das Oberwasser weder steigt noch fällt, so
net man eine Klappe am Boden oder zur Seite der Rinne und
st ihren ganzen Inhalt nach dem Gefässe strömen, während
n nach einer Secundenuhr die Zeit der Füllung beobachtet.

Prony führte eine sinnreiche Abänderung dieser Methode
*), die auch bei andern Beobachtungen benutzt werden kann,
d deren ich mich bei manchen hydraulischen Untersuchungen
t Vortheil bedient habe. Ich will sie hier in ihrer Anwendung

---

*) *Mémoire sur le jaugeage des eaux courantes par de Prony.*
ris 1802.

auf den vorliegenden Fall beschreiben. Man bringt im Bette des Baches einen hölzernen Kasten, oder eine Arche an, die regelmässig geformt ist und wenigstens in den verschiedenen Höhen einen gleichen horizontalen Querschnitt haben muss, den ich Q nenne. In diesen Kasten fliesst das Wasser durch eine Oeffnung A ein und durch eine zweite Oeffnung B auf der entgegengesetzten Seite oder am Boden ab. Es wird vortheilhaft sein, die erste von diesen beiden recht gross, und die zweite dagegen klein anzunehmen. Die Oeffnung A kann durch ein leicht bewegliches Schütz geschlossen werden. Dieses Schütz wird zunächst geöffnet und sonach fliesst der ganze Bach durch den Kasten hindurch. Es bildet sich ein Stau bei A und ein zweiter bei B, der letzte wird bei der angedeuteten Grösse der Oeffnungen bedeutender sein, als der erste. Wenn die Strömung den Beharrungsstand erreicht hat, was man an einem im Kasten aufgestellten Pegel beobachten kann, so schliesst man nach einer Secundenuhr das Schütz in der Oeffnung A. Der Kasten erhält alsdann keinen Zufluss mehr, während der Abfluss im nächsten Momente noch der vollen Wassermenge des Baches entspricht, aber nach Maassgabe der eintretenden Senkung des Wassers im Kasten sich nach und nach vermindert. Man beobachtet die Senkungen, die in gewissen Zeiten eintreten; bezeichnet man diese Senkungen mit z und die Zeiten mit t, so kann man, als erste Näherung annehmen

$$z = a \cdot t + b \cdot t^2$$

wo a und b gewisse Constanten sind, die Zeit t aber von dem Augenblicke des Schliessens der Oeffnung A gerechnet wird, und z von der früheren constanten Wasserhöhe abwärts zählt. Hat man nun gefunden, dass nach den Zeiten t' und t'' die Senkungen z' und z'' betragen, so kann man durch Einführung dieser Werthe die Constanten a und b berechnen. Man findet

alsdann $$z = \frac{t}{t''-t'}\left(\frac{t''-t}{t'}\,z' - \frac{t'-t}{t''}\,z''\right)$$

und hieraus $$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{t''-t'}\left(\frac{t''-2t}{t'}\,z' - \frac{t'-2t}{t''}\,z''\right)$$

Dieser Ausdruck bezeichnet die Geschwindigkeit, womit der Wasserspiegel im Kasten sich zur Zeit t senkt; es kommt darauf an, diese Geschwindigkeit zur Zeit $t = o$, oder für denjenigen

nt zu kennen, wo das Geschütz geschlossen wurde. Für
t ist
$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{t'' - t'} \left(\frac{t'' z'}{t'} - \frac{t' z''}{t''} \right)$$
schwindigkeit, womit der Wasserspiegel sich senkt, steht
einem bestimmten Verhältnisse zur ausströmenden Wasser-
, also die letztere $= Q \cdot \frac{dz}{dt}$
zur Zeit des Schlusses der obern Oeffnung noch die
Wassermenge ausströmte, so ist diese oder
$$M = \frac{t'' t'' z' - t' t' z''}{t' t'' (t'' - t')} Q$$
lche Art ergeben zwei Messungen der Senkung des Was-
rch eine leichte Rechnung die Wassermenge des Baches,
e Rechnung wird noch etwas einfacher, wenn man für
Zwischenzeiten oder für
$$t'' = 2 \cdot t'$$
kungen misst. Man findet alsdann
$$M = \frac{2 z' - \frac{1}{2} z''}{t'} \cdot Q$$
ird dadurch die Beobachtung etwas erschwert, woher diese
ung nicht empfehlenswerth sein möchte.

i diesem Verfahren, so wie auch bei Bestimmung der
menge grösserer Ströme, legt man eine gewisse Zeitein-
m Grunde, gewöhnlich eine Secunde, und bezeichnet das
m, welches während derselben abgeführt wird. Diese
nungsart erfordert also zwei Angaben, nämlich die der Zeit
s cubischen Inhalts. Bei gleichmässiger Strömung, von
r nur die Rede ist, ist indessen die Zeit ein ganz frem-
ement, welches man entbehren könnte, wenn man die
gkeit einer Leitung oder eines Baches mit einem passen-
Maasse, als durch den cubischen Inhalt gemessen hätte.
em solchen, oder zur Einheit des Maasses, eignet sich
sweise ein Wasserstrahl von bestimmter Stärke. Diese
gsart ist bei uns gegenwärtig nicht mehr üblich, doch
es früher. In Italien und Frankreich wird sie aber auch
ngewendet. Die Einheit heisst **Wasserzoll**, und sie
Strahl, der durch eine kreisrunde Oeffnung von 1 Zoll
nesser in einer dünnen und senkrechten Wand unter dem

möglichst kleinsten Drucke abfliesst, d. h. die Druckhöhe i[...] weit ermässigt, dass nur eben der obere Rand der Oeff[...] noch vom Strahle berührt wird. Das Maass ist daher [...] bestimmt und seine Anwendung bietet auch grosse Beque[...]keit, der einzige Vorwurf, den man ihr machen kann, be[...] darin, dass sie nur ganze Zahlen angiebt. Der Fehler, [...] man aus diesem Grunde begeht, ist im Maximum gleich ½, [...] wird um so unbedeutender, je grösser die Wassermenge [...] Schon bei fünf Zollen beträgt er nur den zehnten Theil [...] Ganzen. Diese Genauigkeit ist aber in vielen Fällen genüg[...] wenigstens wird die gewöhnliche Methode, wonach das Q[...]profil und die mittlere Geschwindigkeit gemessen wird, bei k[...]nen Zuflüssen nicht leicht einen höheren und kaum diesen G[...] von Sicherheit geben.

Der Apparat, womit man diese Messung ausführt, ist [...] 72 *a* im Profile und *b* in der Ansicht von vorn dargestellt. [...] Speiseröhre *A*, deren Zufluss man messen will, ergiesst [...] in einen Kasten *B* und aus diesem fliesst das Wasser du[...] mehrere Oeffnungen *C*, die am untern Theile der Zwischenw[...] angebracht sind, in den Kasten *D*. Letzterer ist nur des[...] vom ersten getrennt, damit die starke Bewegung in der Ob[...]fläche sich nicht bis vor die Ausflussmündungen fortsetze. Z[...] demselben Zwecke ist der Kasten *D* auch noch durch Zwisch[...]wände getheilt. In der Wand, welche die beiden Kasten [...] und *F* von einander trennt, befinden sich die kreisförmigen Oeff[...]nungen von 1 Zoll Durchmesser, welche zur Messung dienen. Das durchfliessende Wasser sammelt sich in einem dritten Ka[...]sten *F*, von wo es weiter geleitet wird. Hauptbedingung is[...] es, dass die aus den Oeffnungen tretenden Strahlen sämmtlic[...] gleich stark sind, woher die Oeffnungen gleich gross, und einem gleichen Wasserdrucke ausgesetzt sein müssen. Aus dem letzte[...] Grunde lothet man die Messing- oder Kupferbleche, worin i[...] gerader Linie und etwa in 3 Zoll Abstand von Mitte zu Mitt[...] die Oeffnungen eingeschnitten sind, mit grosser Sorgfalt ein[...] so dass die Mittelpunkte aller Oeffnungen gleich hoch liegen, ausserdem ist aber auch dafür zu sorgen, dass in den Kaste[...] *B* und *D* sich kein starkes Gefälle bilde, welches den Wasser[...]stand vor den Oeffnungen neben der Speiseröhre merklich höhe[...]

[...]en würde, als vor den entfernteren. Dieses wird erreicht, [...]m man beiden Kasten ein grosses Profil giebt; da aber ge-[...]nlich der Raum sehr beschränkt und sonach eine grosse [...]ite nicht zulässig ist, so bleibt nur die Darstellung einer [...]ssen Tiefe möglich. Die Messung geschieht in folgender [...] Die sämmtlichen Zollöffnungen E, E sind mit gewöhnlichen [...]ken geschlossen, und sobald die Röhre A zu wirken anfängt [...] die äussern Kasten bis zur Höhe der Oeffnungen gefüllt [...], so nimmt der Aufseher einen Kork nach dem andern her-[...] und zwar so lange, bis die durchfliessenden Strahlen sich [...] obern Rande der Oeffnungen trennen. Man kann dieses [...] der grössten Deutlichkeit bemerken. Gesetzt, dass durch [...] fünf Oeffnungen E, E noch volle Strahlen durchflossen, dass [...]r, sobald die Oeffnung E', die in der Figur geschlossen dar-[...]stellt ist, zu fliessen anfing, die Strahlen sich von den obern [...]ndern der Oeffnungen trennten, so zeigt dieses, dass die [...]ssermenge 5 Zoll oder darüber, aber noch nicht 6 Zoll be-[...]gt. Durch diese Oeffnungen fliesst das Wasser dauernd ab, [...] der Aufseher kann zu jeder Zeit sich überzeugen, ob die [...]ssermenge sich nicht vermindert hat, er kann aber auch [...]cht wahrnehmen, ob sie sich vermehrt, wenn er von Zeit zu [...]t versucht, noch eine der bisher geschlossenen Oeffnungen [...] zu machen. Dieser Messapparat gewährt sonach den grossen [...]rtheil, dass er eine überaus leichte und bequeme Controlle [...]r die Ergiebigkeit der Wasserleitung dauernd zulässt.

Wenn das zufliessende Wasser nicht eine einzige, sondern [...]rere Röhrenleitungen speisen soll, und es nöthig ist, das [...]ze Quantum unter diese entweder gleichmässig, oder nach [...]em bestimmten Verhältnisse zu vertheilen, oder aber wenn [...]ge derselben ein gewisses Quantum unter allen Umständen [...]alten müssen, so lässt sich dieses, wie Fig. 73 a im Grund-[...]e und b im Profile zeigt, leicht bewirken, sobald eine zweite [...]he von Zollöffnungen dargestellt wird. Die Steigeröhren A [...]ssen das Wasser in möglichst gleichen Abständen in den ge-[...]inschaftlichen Kasten B aus, von wo es in den Behälter D [...]t. Die Oeffnungen in der Wand des letztern führen es nach [...] und bei diesem Uebergange geschieht, wie erwähnt, die Mes-[...]ng. Jede Mündung G einer zu speisenden Röhrenleitung ist

aber wieder in einem vierten Kasten *H* angebracht, dem das Wasser durch eine neue Reihe von Oeffnungen zugeführt wird. Durch Schliessen oder Oeffnen der letzteren kann der Aufseher jeder Leitung ihr Quantum zuweisen; er muss aber darauf achten, dass die Anzahl der sämmtlichen Oeffnungen, die den Leitungen das Wasser zuführen, immer mit der Zahl der Wasserzolle übereinstimmt, welche die Röhren *A* liefern, weil sonst leicht eine unangemessene Vertheilung der ganzen Wassermenge entstehn könnte. Die Figur zeigt überdies die ganze Anordnung der Bassins, wie sie in Frankreich üblich und gewiss sehr bequem ist. In dem Thurme auf dem Gebäude der Wasserhebungsmaschine liegen zunächst an der Mauer ganz frei und zugänglich die verschiedenen Steigeröhren. Sie giessen sämmtlich ihren Inhalt in den äussern Kasten, der gemeinhin ohne Zwischenwand entweder an allen vier Wänden des Zimmers, oder doch wenigstens an drei derselben sich hinzieht, indem an der vierten die Treppe liegt. Vor diesem Kasten liegen die übrigen, und der Aufseher kann leicht sowohl die Controlle als auch die vorgeschriebene Vertheilung des Wassers ausüben. In der Figur ist noch ein blecherner Cylinder über der Mündung der Röhrenleitung *G* dargestellt, der rings mit einer grossen Menge feiner Oeffnungen versehn ist, um die gröberen Stoffe, die das Wasser vielleicht mit sich führt, vom Eintritte in die Leitung abzuhalten. Gewöhnlich befindet sich in der Axe desselben auch noch ein Kegelventil, womit die Mündung der Leitung verschlossen werden kann. Endlich sind die sämmtlichen Kasten auf einem starken hölzernen Gestelle in solcher Höhe angebracht, dass der Aufseher möglichst bequem alle Oeffnungen im Auge behalten und erreichen kann. Die äussern Wände der Reservoire, die dem vollen Seitendrucke ausgesetzt sind, bestehn aus Holz; das Ganze ist aber mit Bleiplatten verkleidet und Bleiplatten bilden die innern Wände mit Ausnahme der Theile, worin die zölligen Oeffnungen eingeschnitten sind. Dieses sind gewöhnlich Kupferplatten. Durch die beschriebene Anordnung wird ein Theil der gewonnenen Höhe allerdings verloren, der Verlust beträgt aber nicht leicht mehr als 1 Fuss und ist daher unbedeutend in Vergleich zu den sonst erreichten Vortheilen.

Diese Methode lässt sich auch zur Messung der Reichhal-

eit eines Baches anwenden, wenn man denselben durch ein
gegrabenes Brett sperrt, worin die Metallplatte mit den zölli-
Oeffnungen eingesetzt ist. Dieses Verfahren empfiehlt sich
kleinen Wassermengen ganz besonders, insofern der Stau
2 bis 3 Zoll zu betragen braucht.

Endlich wäre noch die Grösse des Wasserzolles in dem
chen Maasse anzugeben, oder zu bestimmen, wie viel Was-
die zöllige Oeffnung unter den angeführten Umständen in
er gewissen Zeit liefert. Nach den obigen Mittheilungen über
Contraction lässt sich die Aufgabe nicht lösen, indem es
estimmt ist, wie stark das Wasser sich vor der Oeffnung
kt, denn der gesenkte Wasserspiegel soll eben den obern
nd der Oeffnung berühren. Man nimmt in Frankreich ge-
nlich an, dass diese Senkung oder die Druckhöhe über dem
rn Rande 1 Pariser Linie beträgt, wenn der Durchmesser
Oeffnung 1 Pariser Zoll ist. Die Druckhöhe über dem Mittel-
nkte der Oeffnung wäre also 7 Pariser Linien. Der Contrac-
ns-Coefficient, der für solche kleine Druckhöhen gilt, beträgt
a 0,65. Hiernach kann man die Berechnung anstellen, und
macht sich am einfachsten, wenn man die unendlich schmalen
izontalen Sectionen der Oeffnungen, für welche man eine
iche Druckhöhe annehmen kann, durch den variabeln Centri-
nkel ausdrückt, dessen einer Schenkel vertical aufwärts und
ssen anderer nach dem Seitenrande der Schicht gezogen ist.
as Integrale wird alsdann genommen zwischen den Grenzen 0
nd 180 Graden, und man erhält die Wassermenge oder

$$M = \tfrac{1}{2}\, c\, \pi \,.\, D^2 \sqrt{g\,h} \left(1 - \tfrac{1}{128} \cdot \frac{D^2}{h^2} - \tfrac{1}{3277} \cdot \frac{D^4}{h^4} \cdots \right)$$

o D den Durchmesser der Oeffnung, h die Druckhöhe über dem
ittelpunkte und c den Contractions-Coefficient bedeutet. Hier-
rch hat man die Wassermenge berechnet, und damit ungefähr
bereinstimmend nimmt man in Frankreich allgemein an, dass
n Wasserzoll in Pariser Maass in der Minute 15 Pinten oder
24 Stunden 19,1953 Cubikmeter liefert, d. i. 620,9 Cubikfuss
heinl. Prony hat vorgeschlagen, die Oeffnung so zu ver-
rössern, dass sie in 24 Stunden 20 Cubikmeter giebt, und
esem abgeänderten Wasserzolle gab er die Benennung *„double
odule d'eau."* Bei der Leitung in Toulose hat man diese

Aenderung eingeführt, doch scheint sie sonst keinen Beifall gefunden zu haben.

Wenn die Oeffnung einen Rheinländischen Zoll im Durchmesser hält; so giebt sie unter derselben kleinsten Druckhöhe in der Secunde 0,00602 und in 24 Stunden 520 Rheinländische Cubikfuss.

§. 20.

Ansammlung des Wassers.

Wenn man einen Bach oder Fluss zur Speisung einer Wasserleitung benutzen will, so muss das Wasser an einer Stelle geschöpft werden, wo es möglichst rein ist. Unmittelbar am Boden enthält es jederzeit die meisten erdigen Theilchen und oft geht es hier sogar in dünnflüssigen Schlamm über. Man entnimmt daher das Wasser an solchen Stellen, wo es besonders tief ist, und vermeidet die Nähe der Ufer, weil daselbst eine Verunreinigung durch Staub, Blätter u. dergl., auch durch Thiere am meisten zu besorgen ist. Sodann ist eine besonders starke Strömung an der Stelle, wo die Ableitung geschieht, auch nicht vortheilhaft, weil im schnell bewegten Wasser eine Menge feiner Sandkörnchen schweben, die sich bei einiger Ruhe sogleich niederschlagen. Wenn man einen Damm oder ein Wehr quer durch das Bette führt, so vermeidet man auf die einfachste Weise die erwähnten Nachtheile; das Wasser staut sich davor an und man gewinnt den nöthigen Wasserstand, um in gehöriger Entfernung von dem Grunde schöpfen zu können. Ausserdem wird die Strömung wegen des vergrösserten Profiles gemässigt und das Wasser ist daher reiner. Endlich tritt hierbei zuweilen auch noch der günstige Umstand ein, dass die Druckhöhe sich etwas vermehrt und dadurch die ganze Leitung an Ausdehnung und Wirksamkeit gewinnen kann. In dieser Beziehung darf man sich jedoch nicht zu viel versprechen, noch auch einen zu grossen Stau hervorzubringen versuchen, denn im Allgemeinen hat jeder Quell verschiedene Ausgänge, oder er kann sich deren mehrere bilden; er folgt aber demjenigen, wo er die mindesten Widerstände findet und wo das stärkste relative Gefälle vorhanden ist. Vergrössert man das letztere

h den künstlich erzeugten Stau, so werden sogleich die
enausgänge um so wirksamer, und man behält um so weni-
Wasser, je höher man dasselbe anspannt. Dieses Gesetz
auch noch, wiewohl aus einem andern Grunde, bei grössern
hen und selbst bei Flüssen. Staut man dieselben nämlich
h auf, so wird der Erdboden rings umher stärker befeuchtet,
früher; die Verdunstung entzieht also ein grösseres Wasser-
ntum und eine Menge Quellen zeigt sich nicht nur am Fusse
Dammes, sondern neben demselben und an den Ufern, in-
das Wasser wegen des stärkeren Druckes durch den Boden
durchgetrieben wird und nutzlos verloren geht. Durch eine
gfältige Dammschüttung und Dichtung derselben, wovon später
Rede sein wird, lässt sich freilich dieser Uebelstand oft
gehn, doch zuweilen ist dieses nicht möglich. Endlich ist
ch zu erwähnen, dass man das Wasser auch nicht an der
erfläche schöpfen mag, weil alsdann schwimmende Körper
eingetrieben, auch die Leitung bei sehr niedrigem Wasser-
nde ausser Thätigkeit kommen würde.

Nach dieser Auseinandersetzung der allgemeinen Erforder-
sse will ich einige Einrichtungen für verschiedene Fälle be-
hreiben. Fig. 74 *a* zeigt im Längendurchschnitt und Fig. 74 *b*
der Ansicht von oben, wie Quellen zur Speisung hölzerner
öhrenleitungen aufgefangen werden. Die Grundrinne *K*,
lche den Anfang der Röhrenleitung bildet, liegt in dem Erd-
mme, der den Stau bewirkt; sie muss sorgfältig in ein Lehm-
tte gelegt und mit einem Lehmschlage umgeben sein, damit
Wasser nicht zwischen ihr und der Erde einen Abfluss findet.
dem vorderen Ende, womit sie in den Weiher, oder in das
eisebassin hineinreicht, ist sie mit einem hölzernen Pflocke
schlossen, bei vorkommenden Reinigungen wird letzterer her-
sgeschlagen. Nicht weit davon steht der Rinnstock *L*, auch
hl der Mönch genannt, der sie mit zwei Backen von beiden
iten umfasst, und um die Verbindung um so sicherer zu machen,
rd die Rinne einige Zoll tief eingeschlitzt, wie in Fig. 74 *b* durch
punktirten Linien angedeutet ist. Der Rinnstock ist auf der
n Quell zugekehrten Seite offen, und wird durch eingesetzte
ettstückchen, die durch das Wasser angedrückt werden, ge-
hlossen. Jemehr derselben man einsetzt, um so höher spannt

man das Wasser, und man kann sonach die Druckhöhe na
Maassgabe der Reichhaltigkeit des Quells etwas vergröss
Der Zufluss geschieht hier immer in der Oberfläche und desh
muss ein Gitter in dem Rinnstocke angebracht sein, um d
Eintreiben von Laub und andern schwimmenden Körpern zu v
hindern. Endlich muss für die gehörige Dichtung des gan
Apparats gesorgt werden, doch ist dieses leicht, indem sch
der Wasserdruck das in die Fugen von aussen getriebene W
oder Moos andrückt.

Bei Anwendung gusseiserner Röhren umgiebt man die i
Wasser liegende aufwärts gerichtete Mündung gemeinhin
einer kugelförmigen oder ellipsoidischen Blechhaube, die mit fe
nen Löchern versehn ist, und gleichfalls das Eintreten von schwi
menden Körpern und namentlich von Thieren verhindert.

Wird das Speisewasser für eine Leitung aus einem Stro
geschöpft, so ist die Speiseröhre zugleich die Saugeröhre f
die Wasserhebungsmaschine. Eine künstliche Aufstauung kom
in diesem Falle gemeinhin nicht vor, und man muss die Röh
so tief legen, dass sie auch bei den niedrigsten Wasserstände
noch in Wirksamkeit bleibt. Gewöhnlich leitet man in diese
Falle die gusseiserne Schöpfröhre auf einem hölzernen Gerüs
über das flache Ufer bis zum tiefern Wasser, und zwar in so
cher Höhe, dass sie beim kleinen Sommerwasser frei wird, w
ihre Anlage und Unterhaltung sehr erleichtert. Die Mündun
ist aber abwärts gerichtet und reicht bis unter das kleinste Wass
herab. In dieser Art wird z. B. die bereits erwähnte Maschi
Gros-Caillou in Paris gespeist. Es tritt indessen hierbei d
Uebelstand ein, dass die Röhre wegen ihrer hohen Lage v
manchen Beschädigungen und namentlich durch die darüber gehen
den Schiffe nicht gesichert ist, und dass eine Reinigung dersel
ben unmöglich wird, indem ihre beiden Mündungen unzugänglic
sind. Aus diesem Grunde hat man in neuerer Zeit in Englan
die Einrichtung getroffen, die Fig. 75 im Längendurchschnitt
zeigt und die man Delphin nennt. Die Mündung der Speise-
röhre ist hier nach oben gekehrt, und liegt 9 Zoll unter de
kleinsten Wasserstande. Die Röhre senkt sich aber mit eine
geringen Gefälle bis zum Brunnen, worin die Maschine da
Wasser schöpft. Auf solche Art liegt die Röhre so tief, das

sie vor Beschädigungen gesichert ist, und wenn man ihre Mündung schliesst, so kann sie im Innern trocken gelegt werden. Die aufwärts gerichtete Mündung muss aber vor möglichen Beschädigungen gesichert werden, und dieses geschieht durch ein massives Gebäude, welches sie umgiebt. Dasselbe ist mit einer Reihe fensterähnlicher Oeffnungen versehn, die von aussen mit starken Gittern und von innen mit feinen Drahtnetzen geschlossen sind; durch selbige erfolgt der Zufluss des Wassers. Bei Hochwasser wird das ganze Gebäude überströmt, bei niedrigem Wasser kann man aber heranfahren und auch hineinkommen, um die Gitter und Netze zu reinigen.

Bei der Auffangung des Wassers für Röhrenleitungen darf häufig nicht der ganze Reichthum des Quells oder Baches geschöpft werden, indem der Bach noch zu andern Zwecken, z. B. zum Betriebe von Mühlen, benutzt wird, und es tritt alsdann die Nothwendigkeit ein, eine gewisse Vertheilung vorzunehmen, die oft wieder durch die verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingt wird. Gewöhnlich wird zu diesem Zwecke der Zufluss nach der Röhrenleitung durch Schütze oder Ventile, oder auf andere Art von dem dazu angestellten Aufseher regulirt. Diese Anordnung macht indessen die genaue Wahrnehmung des einen und des anderen Interesses nur von der Aufmerksamkeit des Wärters abhängig. Man hat sich daher vielfach bemüht, die Bewegung jener Schütze und Klappen durch die veränderte Strömung oder die Veränderung des Wasserspiegels in dem Gerinne oder Bache zu bewirken, um nicht nur den Aufseher zu entbehren, sondern auch um jede eintretende günstige Veränderung in dem Zuflusse, wenn sie auch nur von kurzer Dauer sein sollte, zu benutzen und jeder Versäumniss im Ziehn der Schütze vorzubeugen. Bei uns kommen dergleichen Anlagen nicht vor, und man hat im Allgemeinen zu denselben auch wenig Vertrauen, indem man meint, dass die Maschinerie bald in Unordnung kommen müsste. Man darf indessen nicht vergessen, dass der Grund des Missglückens eines Versuches nicht immer in der Unbrauchbarkeit der Erfindung liegt, vielmehr häufig in der unpassenden Anordnung und schlechten Ausführung zu suchen ist. Wenn daher von einer Einrichtung gesagt wird, dass sie sich praktisch nicht bewährt habe, so bedeutet dieses häufig

nur, dass sie wegen der ungeschickten Anwendung missri
und dieses wird im Allgemeinen um so mehr zu erwarten s
je geringer das Zutrauen zum Versuche schon vorher war.

In England sind Anlagen dieser Art mehrfach zur Aus
rung gekommen; hierher gehören schon die schwimmenden
ber, die bei allen Wasserständen des Baches immer eine gle
Quantität Wasser abführen. Man richtet sie so ein, dass
Bach einen Brunnen speist, und in diesem schwimmt eine
gel, die den über den Rand des Brunnens herüberreiche
Heber trägt und sonach dessen Stellung nach Maassgabe
Hebung oder Senkung des Wasserspiegels verändert. D
der Heber indessen immer senkrecht gerichtet bleibt und
einer bestimmten Seite ausgiesst, so hängt er an zwei Ke
die über Räder führen, und letztere sind durch Gegengew
so abgeglichen, dass die grössere oder mindere Länge der
abhängenden Ketten ihren Einfluss verliert. *)

In grosser Ausdehnung ist diese Selbstregulirung der
und Abflüsse bei der Wasserleitung in Ausführung gebr
welche Greenock (etwa 1 Meile unterhalb Glasgow an der C
mit Wasser versorgt. Ich will die wichtigsten der daselbst
troffenen Anordnungen nach der Beschreibung von Mallet **)
einandersetzen und bemerke zuvor, dass man den Shaw-
oberhalb Greenock in einem grossen Bassin von 470 M
burger Morgen Grundfläche und mehr als 500 Fuss hoch
dem Niveau der Clyde auffing und ausserdem mehrere a
Bassins anlegte, die jedoch nur geringere Ausdehnung h
Man sammelt hier alles Wasser, was man irgend gew
kann, und lässt den bereits bestehenden Mühlen nur sovie
sie bisher zu ihrem Betriebe benutzten. Der Ueberschuss
nassem Wetter fliesst sonach in das Bassin, und dasselbe
schieht mit der ganzen Wassermenge, wenn sie bei tro
Witterung zu geringe ist, um die Mühle zu treiben. Aus
sem Bassin werden dagegen zwei Reihen von Mühlen ges
von denen die eine 26 und die andere 18 oberschlächtige

*) Verhandlungen des Gewerbevereins. Zehnter Jahrgang.
1831. S. 309.

**) *Annales des ponts et chaussées*. 1831. I. S. 152.

erhält. Endlich dient das Wasser noch zur Versorgung des ...tes und der daselbst anlegenden Schiffe.

Die hier angebrachten Selbstregulirungen der Zu- und ...flüsse beruhn auf verschiedenen Anordnungen, die sich aus ...n folgenden Beispielen vollständig ergeben werden und die auf ...af. VIII. dargestellt sind. Fig. 76 zeigt die Vorrichtung, um ...en Mühlgraben aus dem Sammelbassin zu speisen, der jeder...it Zufluss erhalten muss, sobald die Mühle in Gang gesetzt ...ird. *A* ist das Niveau im Bassin, *B* dasselbe im Mühlgraben. ...eide sind mit einander durch einen überwölbten Canal verbun...n, an dessen oberer Mündung sich ein Schütz befindet, wel...es durch einen Hebel *D E* gestellt wird und dieser Hebel ...hält seine Bewegung durch einen Schwimmer *F G* im Mühl...raben. Sobald die Mühle in Gang gesetzt wird, senkt sich ...vor der Wasserspiegel und mit demselben der erwähnte Schwim...er, der folglich das Schütz *C* hebt und dadurch den Zufluss ...s dem Sammelbassin eröffnet. Dieser Zustand dauert so lange, ...s die Mühle in Ruhe gesetzt wird; geschieht dieses, so hebt ...ich der Schwimmer mit dem Wasser vor der Mühle, und sperrt ...n weitern Zufluss ab. Der Schwimmer *F G* ist 19 Fuss lang ...nd breit und 7 Zoll stark. Der Hebel *D E* misst im kürzern ...rme (auf der Seite des Schwimmers) 9 Fuss und im längern ...8 Fuss. Das Schütz *C* ist 3½ Fuss lang und 1½ Fuss hoch. ...s trifft sich indessen zuweilen, dass das Oberwasser der Mühle ...ch durch fremdes von den Seiten zuströmendes Wasser stark ...ehoben wird, und der Hebel, der nach der beschriebenen Ein...chtung sich nur so lange heben kann, bis das Schütz ganz ...eschlossen ist, würde alsdann durch den Schwimmer einem ...lchen Drucke ausgesetzt werden, dass die Zugstange des ...chützes verbogen werden könnte. Um dieses zu verhindern, ...t die Axe des Schwimmers nicht unmittelbar am Hebel befestigt, ...ondern an einem zweiten Hebel, der durch ein Gewicht *H* in ...iner bestimmten Stellung gegen den ersten erhalten wird. So...ald aber der erwähnte Fall eintritt, so hebt sich der zweite ...ebel mit dem angehängten Gewichte, und die Axe gleitet an ...emselben fort und erlaubt dadurch dem Schwimmer noch an...ehnlich höher zu steigen. Diese Vorrichtung fand Mallet seit ...13 Jahren im Gange.

Fig. 77 zeigt eine andere Vorrichtung zu demselben Z
die aber den Vorzug hat, dass sie auch noch angewendet
kann, wenn die Niveaudifferenz zwischen dem Bassin *A* u
Mühlgraben *B* sehr bedeutend und folglich das Stauw
breit ist, dass jener Hebel nicht mehr bequem herübe
würde. Aus dem Speisebassin leitet eine enge Röhre C
fortwährend geöffnet bleibt, einen feinen Wasserstrahl n
Cylinder *E* und dieser entleert sich durch die Röhre
den Mühlgraben. Hier befindet sich der kleine Schwin
der an seiner Axe ein Ventil trägt, womit er die unte
dung der benannten Röhre von unten verschliesst, sobal
zu einer gewissen Höhe steigt. Der Erfolg ist sonach d
bei einem niedrigen Wasserstande im Mühlgraben der Cy
leer ist, und bei höherem Wasserstande sich füllt. Die
mündung aus dem Bassin nach dem Mühlgraben wird du
Klappe *J* geschlossen, welche sich um eine horizon
dreht und so eingerichtet ist, dass sie bei allen Wass
im Bassin geschlossen bleibt, und nur durch die Kett
öffnet wird. Diese Kette führt über eine Scheibe und
Gewicht *H*, das im Cylinder *E* hängt. Letzteres übt
auf die Klappe nur aus, wenn es frei herabhängt, w
der Cylinder *E* nicht gefüllt ist, oder wenn das W
Mühlgraben niedrig steht. Dieses geschieht nur, wenn
im Gange ist, sobald sie angehalten wird, füllt sich d
der *E*, der Zug der Kette *K* hört auf und der Wa
schliesst die Klappe.

Der in Fig. 78 dargestellte Apparat hat noch
Zweck, wie die beiden vorhergehenden, er untersch
vom letzten aber dadurch, dass die Axe des Schwimm
Ventile trägt und eine sehr scharfe Regulirung bewirkt
meint, dass diese Vorrichtung sich zur Darstellung ei
stanten Niveaus bei hydraulischen Versuchen besonder
dürfte. Auch hier bezeichnet *A* den Wasserspiegel im
bassin und *B* denselben im Canale, worin man das
Niveau erhalten will. Wie die Figur zeigt, wird der
rungs-Apparat durch einen fremden Quell in Thätigkei
doch könnte man dazu auch eine Ableitung aus dem Ba
nutzen. Die Verbindung zwischen dem Speisebassin

lgraben wird durch eine Klappe C geschlossen, welche durch Wasserdruck immer geöffnet bleiben würde, wenn nicht das wicht H mittelst der Kette K sie zurückdrückte. Dieses Geht H schwebt wieder in einem Cylinder E, der mit Wasser üllt oder leer ist, jenachdem der Wasserstand im Mühlgraben drig oder hoch ist. An der Axe des Schwimmers G befinden h nämlich zwei Kegelventile, wodurch zwei Oeffnungen verlossen werden können, von denen die eine die Verbindung schen dem Reservoir D und dem Cylinder E darstellt und die ere das Wasser aus dem Cylinder E entweichen lässt. Ist geschlossen und diese geöffnet, was bei der höheren Lage Schwimmers der Fall ist, so bleibt der Cylinder leer, und lich drückt das Gewicht H die Klappe C fest an: bei dem drigern Stande des Schwimmers füllt sich dagegen der Cylinder Wasser, das darin schwebende Gewicht verliert an Zug und Klappe C öffnet sich. Ein Apparat dieser Art war seit 1819 Gange. Der Cylinder E ist 4 Fuss 1 Zoll weit und 5 Fuss h, wogegen das Gewicht H, welches gleichfalls cylindrisch ist, uss im Durchmesser hält und 4 Fuss hoch ist. Der Schwim- G ist 2 Fuss breit, ebenso lang und 6 Zoll hoch. Die beiden tile bei F haben 2 Zoll im Durchmesser; und endlich die ppe C ist 4 Fuss lang und 6 Zoll hoch, doch ist der Apparat kräftig, dass die Klappe ohne Nachtheil auch grösser sein könnte.

Für den Fall, dass aus einem Mühlgraben, sobald derselbe r Wasser führt, als zum Betriebe der Mühlen erforderlich ist, Ueberschuss nach dem Speisebassin geleitet werden soll, ist Vorrichtung Fig. 79 angewendet worden. A ist der Mühlben. Die Klappe $B\,D$, die um die horizontale Axe bei B dreht, schliesst den Abfluss nach dem Speisebassin. Ein seiserne Hebel ist an der Klappe befestigt und vermöge des engewichts E hält er sie gegen den Wasserdruck geschlossen. gt das Wasser im Mühlgraben, so fliesst es durch die Rinne nach dem Eimer F, und wie derselbe sich mit Wasser füllt, wirkt er dem Gewichte E entgegen und hebt letzteres zugleich der Klappe auf, so dass der Ausfluss erfolgt. Sobald aber Wasserstand bei A sich senkt, so dass der Zufluss in den ier F aufhört, so entleert sich dieser durch eine feine Oeffnung Boden und das Gewicht E schliesst wieder die Klappe.

Man möchte vielleicht glauben, dass die ganze Wasserm
die man bei höheren Anschwellungen ableiten will, in ders
Art über ein Ueberfallwehr von einer gewissen Höhe ges
werden könnte, wie das kleine Gerinne *B C* wirkt. Diese
jedoch keineswegs der Fall, denn ein Wehr senkt nie den Was
spiegel bis zur Höhe seines Rückens und das Wasser steht d
immer um so höher, je stärker der Zufluss ist. Will man
einen constanten Wasserspiegel darstellen und grosse Was
mengen abführen, so muss man Oeffnungen bilden, die e
höheren Wasserdrucke ausgesetzt sind, und dieses ist hier
schehn. Einen Apparat von der beschriebenen Art hat man
1821 eingerichtet; die Klappe *B D* ist dabei 4 Fuss lang
2½ Fuss hoch, der Hebel hat eine Länge von 5 Fuss. Das
wicht *E* besteht aus einem eisernen, mit Steinen angefüllten
linder von 6 Zoll Durchmesser und 18 Zoll Höhe, und wieg
der Füllung 260 Pfund. Der kupferne Eimer *F* dagege
18 Zoll hoch und ebenso weit.

Zu gleichem Zwecke dient auch der Apparat, den Fig
darstellt. Der Abfluss aus dem Mühlgraben *A* ist durc
Klappe *B C* geschlossen, die sich um die horizontale Axe *B*
Der Wasserdruck allein würde diese Klappe sogleich öffnen,
nicht das Gewicht *D* sie mittelst einer Kette zurückhielte.
teres hängt jedoch in einem gusseisernen Cylinder, der im M
graben steht und in der Höhe desjenigen Wasserstandes,
der Abfluss eröffnet werden soll, ringsum mit kleinen Lö
versehn ist. Steigt das Wasser bis hierher, so füllt es den
linder, und das Gewicht *D* ist nicht mehr im Stande, die K
geschlossen zu erhalten, woher der Abfluss beginnt. Senkt
dagegen der Wasserspiegel im Mühlgraben, so dass die L
kein Wasser mehr dem Cylinder zuführen, so entleert sic
letztere durch die feine Röhre *E F* und das Gewicht *D*
wieder die Klappe an. Die Röhre *E F* muss einen so ger
Querschnitt haben, dass sie bei eintretender Wirksamkeit
Oeffnungen im Cylinder nicht den ganzen Zufluss abführen
sie wird aber nicht geschlossen und sonach bildet sich für
constanten Zufluss durch die Oeffnungen auch ein cons
Wasserstand im Cylinder, und zwar wird derselbe um so
sein, je grösser jener Zufluss ist. Auf solche Art erreicht

...ch den Vortheil, dass bei höheren Wasserständen im Mühlgraben ...ch die Klappe um so weiter geöffnet wird. Ein Apparat dieser ...rt ist seit 1817 im Gange; bei demselben ist der gusseiserne ...linder 5 Fuss 10 Zoll tief und 2 Fuss 1 Zoll weit, das Ge-...wicht *D* ist gleichfalls cylindrisch, sein Durchmesser misst 2 Fuss ...d seine Höhe beträgt eben so viel, es wiegt 500 Pfund. Die ...lappe, die jedoch eine etwas andere Einrichtung hatte, war 4 Fuss ...och und 4 Fuss breit.

Endlich ist noch eine gleichfalls bei Greenock zur Ausfüh-...ung gebrachte Einrichtung zu beschreiben, die vom Mühlgraben ...as überflüssige Wasser dem Speisebassin zuweist, und zwar nicht ...ur zur Zeit des Hochwassers, wo der Graben zu viel Wasser ...führt, sondern auch zur Zeit der Dürre, wo er so wenig Zufluss ...at, dass die Mühle doch nicht in Betrieb gesetzt werden könnte. ...ie Regulirung geschieht hier durch einen kleinen Seitenzufluss, ...on dessen Reichhaltigkeit es abhängt, ob das Wasser in das ...assin geleitet wird, oder nicht. Diese Anordnung ist insofern ...ngemessen, als alle Quellen in der Nähe entspringen und man ...aher annehmen kann, dass, sobald eine derselben versiegt oder ...nschwillt, dieses auch mit allen andern der Fall sein wird. Der ...ühlgraben nimmt zwischen dem Speisegraben und der Mühle ...och mehrere Quellen und Bäche auf, die zur Zeit eines anhalten-...en Regens schon allein das erforderliche Betriebswasser liefern. ...ei etwas geringerem Zuflusse darf nur ein Theil des Wassers ...ntnommen werden, und bei noch geringerem gar nichts. Ver-...egen die Zuflüsse aber immer mehr, so dass eine gewisse Grenze ...r Dürre erreicht wird, so darf wieder alles Wasser in das ...peisebassin geleitet werden. Fig. 81 stellt die Einrichtung dar, ...elche diese verschiedenen Modificationen des Zuflusses bewirkt. ...allet sagt, dass sechs solcher Apparate eingerichtet wurden, und ...obert Thom, von dem alle diese sinnreichen Erfindungen aus-...gangen waren, auch hiervon einen günstigen Erfolg sich ver-...rach. *A* ist der Mühlgraben und *B* die Klappe, die seinen ...bfluss nach der Mühle sperrt; sie wird nicht nur durch den ...asserdruck geschlossen erhalten, sondern ausserdem noch durch ...n kugelförmiges Gewicht, das besonders dazu dient, sie wieder ... schliessen, sobald sie geöffnet war. An der Klappe befindet ...ch noch ein zweiter Arm, woran eine Kette befestigt ist, und

diese wird angezogen, sobald der Eimer *D* gefüllt ist. Am B
des letzteren befindet sich eine Oeffnung, durch welche das hi
gekommene Wasser wieder abfliesst, und so verschwindet bei e
geringen, oder noch mehr bei gar keinem Zuflusse sehr bald
Uebergewicht des Eimers *D*, und die Klappe *B* wird als
geschlossen. Es kommt sonach nur darauf an, das Wasser
dem Seitenzuflusse, der im Bassin *E* gesammelt wird, bei
gewissen mittleren Ergiebigkeit in den Eimer zu führen und
grösserer und geringerer Reichhaltigkeit davon abzuhalten. Di
geschieht folgendermaassen: der Seitenzufluss strömt durch
Röhrenleitung und durch den Ausguss bei *F* in den Eimer
er sehr schwach, so kann der Eimer nicht das Uebergewicht
kommen, indem das Wasser sich nicht darin sammelt und
geringer Druckhöhe durch die Bodenöffnung schon abgeführt
Wird dagegen die im Bassin *E* aufgefangene Wasserm
grösser, so genügt die Bodenöffnung im Eimer nicht mehr,
Ansammlung zu verhindern, und derselbe wird so schwer,
er die Klappe *B* öffnet. Wird der Zufluss noch grösser, s
auch die Ausmündung der Leitung *F* nicht mehr genügend
das Wasser sogleich abzuführen; es sammelt sich alsdann ir
Röhren an und sobald es die cylindrische Erweiterung bei *C*
reicht, so hebt es den in derselben liegenden Schwimmer, an d
Axe sich ein Kegelventil befindet. Sobald dieses gehoben
so schliesst es die darüber befindliche Oeffnung und sperrt w
den Zufluss zum Eimer. Letzterer entleert sich durch die B
öffnung so weit, dass die Klappe *B* sich schliesst, und s
hört auch in diesem Falle die Zuführung des Wassers nac
Mühle auf und dasselbe gelangt zum Speisebassin.

Auch in andern Fällen, als gerade bei solchen Wasserleitu
wovon hier die Rede ist, hat man Vorkehrungen getroffen, wodur
Erhebung des Wasserstandes über eine gewisse Höhe verhindert
Hierher gehören die heberförmigen Ablässe, welche Garipuy am
du Midi anlegte. Fig. 82 *a* und Fig. 82 *b* zeigen einen so
im Querschnitte und im horizontalen Durchschnitte, letzteren
der Linie *AB* des Querschnittes. Hätte man hier nur ein U
fallwehr angebracht, so würde, wie bereits erwähnt, eine s
Erhebung des Wasserspiegels im Canale möglich geblieben
und die Gefahr vor einem Durchbruche der Canaldämme a

alseite wäre nicht beseitigt. Sobald dagegen diese Heber in irksamkeit treten, so ist die Geschwindigkeit von der Niveaudifferenz des Ober- und Unterwassers abhängig, und die Wirkung wird kräftig wie bei Grundablässen. Es sind immer je drei solcher berförmigen Oeffnungen in einer gemeinschaftlichen Mauer angebracht. Sie haben einen oblongen Querschnitt und sind etwa ½ Fuss breit und 1¼ Fuss hoch, ihre obere Mündung liegt zwei uss über der Canalsohle, wodurch das Eintreiben schwimmender Körper verhindert wird. Die Bodenfläche der Heber erhebt sich dem höchsten Punkte bis zur Höhe desjenigen Wasserstandes, en man im Canale zu halten pflegt, und in dieser Höhe liegt uch das enge Luftrohr *C D*. Die Wirksamkeit der Heber ist lgende: bis zu dem erwähnten Wasserstande ist jedes Ueberaufen verhindert, sobald aber der Canal noch mehr wächst, so iesst durch die Oeffnungen, wie über ein Wehr, etwas Wasser ber, doch ist die Menge desselben nicht bedeutend, so lange nicht e Decke des Hebers an der höchsten Stelle erreicht wird. Geschieht dieses, so beginnt die eigentliche Wirkung, da nunmehr ie ganze Niveaudifferenz zur Druckhöhe wird. Dieser Erfolg ürde aber nicht früher aufhören, als bis der Canal beinahe ganz ntleert wäre, wenn nicht das erwähnte Luftrohr vorhanden wäre. Letzteres unterbricht die Wirkung des Hebers, sobald der gewöhnliche Wasserstand dargestellt ist. Man hat diese Einrichtung, oviel bekannt, bei andern Canälen nie nachgeahmt, sie soll auch nsofern nicht empfehlenswerth sein, als sie häufig in Unordnung ommt und schwierige Reparaturen sich dabei oft wiederholen. *)

§. 21.

Filtriren des Wassers.

Die Quellen, so wie auch die Bäche und Flüsse enthalten elten ganz reines Wasser. Die fremden Bestandtheile ind zuweilen verschiedene Erdarten, die im Zustande einer sehr inen Zertheilung darin schweben, ohne in eine chemische Verbin-

---

*) *Programme ou Resumé des Leçons d'un cours de constructions, ouvrage de Feu Mr. Sganzin, quatrième édition par Reibell. aris* 1839. *Tom. II. p.* 136.

dung getreten zu sein; wenigstens ist die Quantität der wi
aufgelösten Erde gemeinhin so geringe, dass sie ganz unbe
bleiben darf. Ausserdem rührt die Verunreinigung des Wa
auch von Stoffen her, die chemisch darin aufgelöst sind, di
also weder durch Mangel an Klarheit, noch auch jedesmal d
die Färbung zu erkennen geben. Manche Gebirgsarten sin
reinen Wasser löslich, wie Gyps, Steinsalz u. a. Viel häu
ist aber Kohlensäure, und zuweilen sogar in sehr grosser M
im Quellwasser enthalten. Auch andres Wasser, das lang
der Luft in Berührung bleibt, zieht aus der Atmosphäre
Kohlensäure an, doch in viel höherem und nachtheiligerem G
geschieht dieses, wenn organische Stoffe, die bereits in Fäul
übergehn, damit in Berührung treten. Im letzten Falle beko
das Wasser einen faulen, höchst widerlichen Geschmack, un
erzeugen sich darin auch bald Pflanzen und Thiere, woher
vor solchem Wasser die Leitungen besonders bewahren m
Sobald aber eine grössere Menge Kohlensäure im Wasser en
ten ist, so wird dessen auflösende Kraft verstärkt, und namen
verbindet es sich alsdann leicht mit kohlensaurem Kalk,
nimmt grosse Massen desselben auf. Dasselbe geschieht mit
weit verbreiteten kohlensauren Eisenoxydul, welches dem W
oft eine braune Farbe giebt.

Dieses sind die gewöhnlichsten chemischen Verbindungen
sich im Quell- und Flusswasser vorfinden. Wie man dies
erkennen kann, gehört nicht hierher, und ebensowenig die
einandersetzung der Methode, wodurch einer oder der a
fremde Bestandtheil daraus geschieden werden kann. Let
geschieht auch niemals bei grösseren Wasserleitungen, ma
schränkt sich hier immer nur darauf, die im Wasser schwe
den Theilchen, die also nicht chemisch damit verbunden
zu entfernen. Selbst wenn man bei kleineren Filtrir-Appa
die Kohle anwendet, um dem Wasser den faulen Beigesch
zu nehmen, so scheint hierbei mehr die poröse Beschaffenheit,
eine Eigenschaft der Form, wirksam zu sein, als eine chem
Einwirkung. Doch werden in kleinen Apparaten auch chem
Mittel angewendet, um die Reinigung eines unbrauchbaren
selbst eines trüben Wassers entweder eintreten zu lassen,
doch zu befördern. So wird zu diesem Zwecke in Paris

benutzt, in Egypten reibt man dagegen eine Art Brod, das bittern oder süssen Mandeln gebacken ist, an den Wänden thönernen Wassergefässes, und indem man darauf das Wasser umrührt, so klärt es sich in wenig Stunden auf, und nimmt reinen Geschmack an.*) Aehnliche Vorrichtungen kommen bei den grösseren Anstalten, von denen hier nur die Rede kann, nicht vor; diese beziehn sich vielmehr allein darauf, längere Ruhe die im Wasser schwebenden Erdtheilchen zuschlagen, oder sie durch Filtriren zu entfernen. Es handelt sich hier also immer nur um die Lösung der mechanischen, nicht der chemischen Verbindungen.

Das erste Mittel, nämlich das Niederschlagen durch blosse Ruhe, hat bei der Anwendung im Grossen bedeutende Schwierigkeiten. Das aus einem schnell fliessenden Strome geschöpfte Wasser ist gewöhnlich sehr trübe, und pflegt in den ersten 24 Stunden noch nicht den nöthigen Grad von Klarheit und Reinheit zu gewinnen, so dass es längere Zeit hindurch stehn muss. Dieser Umstand bedingt die Anlage von mehreren, nämlich wenigstens drei Bassins, deren jedes den ganzen Bedarf für einen vollen Tag fasst. Wenn man aber die häufigen Reinigungen und Reparaturen berücksichtigt, so sind sogar vier solcher Bassins erforderlich. Die Beschaffung des dazu nöthigen Raumes ist in der Nähe grosser Städte, und besonders da eine bestimmte Localität Hauptbedingung bleibt, und man eine willkührliche Verlegung nicht vornehmen darf, sehr schwierig und kostbar. Ebenso erfordert ihre Einrichtung und Unterhaltung auch grosse Vorsicht und neue Kosten. Besonders nachtheilig ist es, dass solche Bassins, wenn sie eine grosse Ausdehnung erhalten, nicht leicht den Sonnenstrahlen und dem Staube durch eine Verdachung entzogen, noch auch vor der Erwärmung geschützt werden können. Im Winter tritt ein anderer Uebelstand ein, der eben so nachtheilig ist, indem das Wasser bis zum Gefrieren erkaltet. Aus diesen Gründen darf man sich von der Klärung des Wassers durch blosse Ruhe nicht viel versprechen, wenigstens nicht in dem Falle, wenn die beabsichtigte Reichhaltigkeit der zu speisenden Wasserleitung die Anlage ausgedehnter Bassins erfordert.

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1836. I. *p.* 102.

Handelt es sich dagegen nur um kleinere Reservoire, die m
einem Gewölbe überspannt werden können, so verschwinden d
erwähnten Nachtheile beinahe ganz.

Man kann einem **Bassin**, in welchem das Wasser geklä
werden soll, keine bedeutende Tiefe geben, weil die Höhe, zu d
das Wasser durch die Schöpfmaschine gehoben wird, in gleich
Maasse vergrössert werden müsste. Die Maschine muss nämli
so kräftig wirken, dass sie das Bassin bis zum Rande füll
kann, während die Röhre, welche das reine Wasser abführt,
in der Nähe des Bodens liegen darf, weil sonst von dem Inha
des Bassins jedesmal ein grosser Theil unbenutzt zurückblie
Wenn es demnach darauf ankommt, eine grosse Wassermasse i
Bassin zu fassen, so muss dieses eine bedeutende Länge u
Breite erhalten. Es giebt deren viele, die über hundert Fu
breit und mehrere hundert Fuss lang sind, woher eine Ueb
dachung und vollends eine Sicherstellung gegen Erwärmung u
Frost nicht ohne sehr grosse Kosten möglich ist. Man pfle
daher bei ihrer Anlage vorzugsweise nur die möglichste Wasse
dichtigkeit zu berücksichtigen. Zu diesem Zwecke besteht d
Boden meist aus einem sehr sorgfältig ausgeführten und mehre
Fuss mächtigen Thonschlage, und die Seiteneinfassungen werd
durch starke Mauern gebildet, an welche gemeinhin auf d
äussern Seite sich noch Erdböschungen anlehnen. Letztere dürf
im Innern nicht angebracht werden, weil sie dem Wellenschlag
nicht widerstehn könnten, und sogar selbst die Verunreinigun
des Wassers befördern würden. Der Wellenschlag wirkt ab
auch auf den Boden des Bassins, und verhindert daher die Kl
rung. Aus diesem Grunde muss man die ganze Anlage so ei
richten, dass sie vor heftigen Winden geschützt ist.

Endlich muss man auch die häufig vorkommenden Reinigung
berücksichtigen, denn das Bassin würde nicht nur immer flach
werden, sondern sich auch bald als ganz unwirksam erweise
wenn hohe Schlammschichten darin angesammelt würden.
diesem Zwecke pflegt man die Sohle nicht nur zu befestigen,
dass sie ohne beschädigt zu werden gespült und gefegt werd
kann, sondern man giebt ihr auch regelmässige Gefälle und v
sieht sie mit Rinnen, die zu besondern Ausflussöffnungen führ
um alles Wasser und allen flüssigen Schlamm daraus leicht e

en zu können. Gemeinhin ist in der Axe des Bassins eine ie ausgemauerte Rinne mit mässigem Gefälle angebracht, die 4 Fuss weit ist, und von beiden Seiten fällt nach derselben Sohle sanft ab, so dass bei Benutzung der erwähnten Ausflussöffnung das Bassin sich vollständig von selbt entleert. Um er die Schlammablagerungen durch Fegen sicher beseitigen zu nnen, ohne die Sohle selbst anzugreifen, so wird diese mit nem gut schliessenden und recht fest eingerammten Steinpflaster rsehn. In solcher Art pflegt man in neuerer Zeit diese Bassins England zu behandeln, und ihre Reinigung erfolgt besonders eicht und vollständig, wenn sie in kurzen Zwischenzeiten vorgenommen wird. Man erreicht dadurch auch noch den Vortheil, ass die Klärung des eingepumpten trüben Wassers in kürzerer eit eintritt.

Beim Filtriren des Wassers werden die darin schwebenden rdtheilchen nicht nur vollständiger, sondern, wenn das Filtrum ie gehörige Ausdehnung hat, auch viel schneller ausgeschieden. Es tritt dabei gar keine Unterbrechung der Bewegung ein, wiewohl dieselbe allerdings sehr langsam ist: während die Pumpe as Wasser unaufhörlich aufgiesst, reinigt sich das Wasser, und tritt sogleich in die Leitung. Hierdurch werden die oben erwähnten Uebelstände umgangen, und man hält allgemein wenigstens bei grossen Wasserleitungen das Filtriren für viel zweckmässiger, als das Klären durch Ruhe.

Kleine Filtrirapparate werden nicht nur mit Sand und Kies, ondern auch mit Schwämmen, porösen Steinen, Kohlen und anern Stoffen gefüllt, und sind häufig ziemlich künstlich eingeichtet. Im Grossen, und wenn sie zur Speisung ausgedehnter Wasserleitungen dienen, werden sie dagegen jedesmal sehr einfach ngeordnet. In einem wasserdichten Bassin ruht eine Sandschütng, unter welcher sich gemeinhin noch Kies- oder Steinschütngen befinden, auf Gewölben oder Rosten. Das trübe Wasser deckt den Sand etwa 1 Fuss hoch, und indem es letztern durchingt, so reinigt es sich, und sammelt sich in den hohlen Räun über dem Boden des Bassins, von wo es sogleich in die eitung tritt.

Der grösste Uebelstand beim Gebrauche dieser Filtrirvorrichngen besteht darin, dass die erdigen Stoffe, die sich aus dem

Wasser ausscheiden, die Zwischenräume zwischen den Sandkö
chen verstopfen, und dadurch nicht nur die Wirksamkeit der A
lage, oder die Ergiebigkeit des Filters in kurzer Zeit schwäch
sondern bald sogar ganz unterbrechen. Um dieses zu verhind
muss man von Zeit zu Zeit die Sandschüttung entfernen,
sie durch eine neue ersetzen. Dieses ist aber bei gro
Apparaten mit bedeutenden Kosten verbunden, und man
daher versucht, eine Vorrichtung zum Selbstreinigen
Filters anzubringen, oder abwechselnd eine Strömung in der
gegengesetzten Richtung darzustellen. Die Erdtheilchen, we
im Wasser schwebten und von demselben in die Zwischenrä
des Sandes hineingezogen wurden, bis sie irgendwo nicht we
dringen konnten und stecken blieben, verhindern nämlich die
wegung des Wassers nur in dessen bisheriger Richtung: a
hat man sich davon überzeugt, dass der Sand durch die Erdth
chen nur in geringer Tiefe verunreinigt wird. Sobald man da
das Wasser in entgegengesetzter Richtung eintreten und m
einigem Drucke wirken lässt, so werden die feinen Stoffe,
zwischen den Sandkörnchen stecken geblieben waren, auf de
selben Wege wieder zurückgedrängt, auf dem sie hineingedrung
sind, und in kurzer Zeit ist die Reinigung vollständig erfol
was man daran erkennt, dass das Wasser klar abfliesst. Sob
dieser Zeitpunkt eingetreten ist, so wird die Zuleitung des Wass
wieder gewechselt, und man lässt es, wie früher, von oben e
fliessen.

Diese Einrichtung hat der Ingénieur Thom zu Greenock
Ausführung gebracht.*) Er erbaute drei Filtrir-Bassins, je
50 Fuss lang, 12 Fuss breit und 8 Fuss hoch, die so ein
richtet waren, dass das zu filtrirende Wasser beliebig von o
oder von unten eingeleitet werden konnte. Das Sandbette,
stehend aus feinem, gehörig ausgewaschenen Kiessande, h
eine Höhe von 5 Fuss, darin befand sich auch Knochenkohle,
dem Wasser die geringe Färbung und den unangenehmen
geschmack, der von seiner Ansammlung in Moorgegenden

*) Vergl. den Brief desselben vom 20. März 1829, der in *Annales des ponts et chaussées*, 1831. I. *p.* 222, in einer Uebersetz mitgetheilt hat.

härte, zu benehmen. *) Thom sagt, dass das gewonnene Wasser vollkommen klar, farblos und von reinem Geschmacke war. Mit der Zeit wurde indessen die Wirksamkeit des Filters geschwächt. Alsdann verschloss man die Ableitungsröhre am Boden des Bassins, und liess das Wasser nicht mehr von oben, sondern von unten eintreten, und zwar unter einem etwas verstärkten Drucke. Es quoll sehr trübes Wasser an der Oberfläche des Filters hervor. Man leitete dieses durch eine besondere Oeffnung ab, und die Reinigung ging so schnell von statten, dass schon nach wenig Minuten wieder klares Wasser folgte, worauf die Richtung des Stromes aufs Neue verändert wurde, und das Filter in gewöhnlicher Art wirkte. Dasselbe zeigte sich anfangs auch recht kräftig, doch äussert Thom selbst, dass man hierdurch die Wirksamkeit keineswegs für beständig sichern könne, vielmehr müsse nicht nur das Sandbette, sondern auch jene andre Substanz von Zeit zu Zeit erneut werden. Nichts desto weniger meint er, dass dennoch die Unterhaltung wohlfeiler, als bei der gewöhnlichen Einrichtung sei.

Diese Erwartung ist wohl nicht in Erfüllung gegangen. Schon früher untersuchte eine Commission, deren Mitglied Telford war, einige Filtrir-Apparate ähnlicher Art, und berichtete darüber nicht vortheilhaft. Namentlich hatte sie gefunden, dass die aufwärts gerichtete Strömung das ganze Sandbette in Bewegung setzt, und es so in Unordnung bringt, dass später der Sand in die Unterlage dringt, und dadurch Veranlassung zu neuen Verunreinigungen giebt. Die Commission spricht die Ansicht aus, dass alle Versuche zur Darstellung entgegengesetzter Strömungen in den Filtrir-Apparaten theils unwirksam und theils mit andern Nachtheilen verbunden, aber jedenfalls sehr kostbar gewesen. **)

Um an einem Beispiele die erwähnte Einrichtung näher zu beschreiben, wähle ich die Filtriranstalt, die man bei Couchin ohnfern Cherbourg erbaut hat, um das Wasser der Divette, bevor es nach dem Arsenale und der Stadt Cherbourg geleitet wird, zu reinigen. Fig. 83 *a* zeigt den Querschnitt durch die Mitte des Gebäudes und Fig. 83 *b* einen horizontalen Durchschnitt, genommen in der Höhe der Sohle

---

*) *The civil Engineer and Architect's Journal. VII.* p. 281.

**) *Life of Telford.* London 1838. p. 645.

des Zuleitungscanals. Der Zuleitungscanal $A\ B$ führt das zu reinigende Wasser nach dem Filter C, worauf es in die beiden Bassins D und E tritt. Letztere stehn durch die überwölbte Oeffnung F unter dem erwähnten Canale mit einander in Verbindung und speissen die Röhrenleitung G. Das Filter befindet sich in einem gemauerten Bassin. Auf sieben Unterlagen, die der Länge nach durchreichen, liegen die Roststäbe, welche den groben Kies tragen, auf letzteren ist feinerer Kies und darüber Sand geschüttet. Mit dem Raume unter dem Filter steht eine gusseiserne Röhre J in Verbindung, die am Boden des Zuleitungscanals dicht vor dessen Ausmündung abgeht, demnächst aber auch zwei kurze Röhren H, die zu den Bassins D und E führen. In den obern Theil des Filters, oder über dem Sandbette mündet der Zuleitungscanal, ferner die beiden kurzen Röhren K, welche die Verbindung mit den Bassins D und E darstellen und endlich die Röhre L, welche den Anfang der Röhrenleitung G bildet. Wenn das Filter von unten gespeisst wird, so ist das Schütz B an der Ausmündung des Zuleitungscanals geschlossen und die Röhre J geöffnet, wodurch das trübe Wasser unter den Rost tritt. Indem zugleich die beiden Röhren H geschlossen sind, so muss das Wasser von unten nach oben das Filter durchdringen, und fliesst durch die Röhren K nach den beiden Reservoiren D und E, oder unmittelbar durch die Röhre L nach der Leitung ab. Im entgegengesetzten Falle, wenn der Wasserstand im Zuleitungscanale niedriger wird, so muss das Filter von oben gespeist werden, weil man sonst nicht den nöthigen Druck darstellen könnte, um das Wasser hindurchzutreiben. Die Röhre J wird alsdann geschlossen und dagegen das Schütz B geöffnet. Ferner schliesst man die Oeffnungen K und die Mündung der Röhre L. Sobald das Wasser unter dem Roste anlangt, fliesst es durch die Oeffnungen H in die Reservoire D und E und aus diesen durch die beiden Mündungen M in die Röhrenleitung G. Durch die beiden Röhren M kann man auch die Reservoire entleeren, falls sie bei der Umkehrung der Strömung mit trübem Wasser gefüllt sind, oder falls das Filter wegen Reparaturen ausser Thätigkeit gesetzt wird.

Wenn man eine Wasserleitung mit Flusswasser speisst und dieses reinigen will, so kann man die Sandablagerungen, welche

gemeinhin neben dem Flussbette liegen, als natürliche Filter benutzen, und es genügt schon, eine Vertiefung darin zu bilden und selbige auszupumpen, weil das zudringende Wasser beim Durchgange durch den Sand filtrirt wird. Dieses Verfahren, welches eigentlich bei allen Brunnen in Anwendung kommt, die in sandigem Boden das Grundwasser sammeln, hat man mehrfach auch zum Filtriren grösserer Wassermengen benutzt, und namentlich ist dieses bei Glasgow geschehn. Am Ufer des Clyde, und zwar in einer vortretenden Sandbank, wurden, wie Matthews angiebt, etwa 30 Stück cylindrische horizontale Röhren von 2 Fuss lichtem Durchmesser und in 33 Fuss Abstand von einander in Ziegeln, jedoch ohne Mörtel ausgeführt und mit Kies und reinem Sande beschüttet. Diese Röhren oder Gewölbe standen sämmtlich mit einer querlaufenden Gallerie in Verbindung, welche die gusseiserne Saugeröhre der Dampfmaschine speiste. Der Erfolg entsprach freilich Anfangs nicht den Erwartungen, und zwar trat der Uebelstand ein, dass eine Menge Sand in die Pumpen kam. Nichts desto weniger ist dieses Verfahren doch beibehalten worden und der erwähnte Uebelstand scheint auch beseitigt zu sein. Dagegen bemerkte man bald, dass das Wasser, obwohl es Anfangs in hinreichender Menge eingedrungen war, abnahm, indem dieses natürliche Filter sich ebenso wie die künstlichen verstopfte. Man musste daher eine weitere Ausdehnung der Leitungen vornehmen, um den Bedarf an andern Stellen zu sammeln. Diese Erfahrung war vorzugsweise Veranlassung, dass man bei Greenock die abwechselnde Strömung in dem Filtrirapparate einrichtete.

Wenn man die Sandschellen neben dem Flussbette zum Filtriren des Wassers benutzt, so kann man gewiss nicht erwarten, dass die Wirksamkeit nie aufhören werde, nichts destoweniger ist in diesem Falle die Ausdehnung der Sandmasse, und namentlich der vom Flusse berührten Oberfläche, viel grösser, als bei allen künstlichen Filtern, und es ist daher im Allgemeinen anzunehmen, dass dieselben auch länger in Wirksamkeit bleiben. Von grosser Wichtigkeit sind dabei aber die im Flussbette eintretenden Veränderungen, und am vortheilhaftesten ist es gewiss, wenn die Sandschelle zu Zeiten abgebrochen, zu Zeiten aber wieder vergrössert wird, weil in diesem Falle der

Strom selbst die Beseitigung der verunreinigten Schichten und deren Ersetzung durch andre veranlasst. Andrerseits wird aber das Filter ganz unbrauchbar, wenn Thonschichten auf und neben dem Sandfelde sich ablagern sollten. Endlich kommt die Entfernung des Sammelbassins oder des künstlichen Quelles vom Flusse in Betracht; je grösser diese ist und je tiefer man den Wasserspiegel in diesem Bassin senkt, um so weniger darf man ein baldiges Versiegen befürchten.

Es ergiebt sich hieraus, dass einzelne Erfahrungen über die Dauer der Wirksamkeit der Filter dieser Art zu keinen allgemeinen Schlussfolgen berechtigen, besonders wenn die näheren Umstände über die Beschaffenheit des Locals und die Lage der Filter nicht mitgetheilt werden. In den englischen Schriften sucht man vergebens solche Mittheilungen, dagegen hat d'Aubuisson in dem oben angeführten Aufsatze *) über die Wasserleitung zu Toulouse das Terrain, worauf die Filter eingerichtet wurden, und die dabei gemachten Erfahrungen sehr sorgfältig und vollständig beschrieben.

Dicht oberhalb des Maschinengebäudes befindet sich am linken Ufer der Garonne neben der Strasse Dillon eine ausgedehnte Kiesbank; welche zur Darstellung der Filter benutzt ist; Fig. 8[illegible] zeigt dieselbe. Sie war vor etwa funfzig Jahren entstanden und besteht grösstentheils aus Kies und Sand, doch finden sich darin auch grössere Geschiebe und hin und wieder thonige Niederschläge. An der Stelle, wo das Filter I später angelegt wurde, hatte man versuchsweise eine Grube ausgehoben und die Wassermenge gemessen, die hineindrang. Man erwartete hiernach, dass ein Filter von 105 Fuss Länge 73 Fuss Breite und das bis $3\frac{1}{4}$ Fuss unter den niedrigsten Wasserstand der Garonne herabreichte, die verlangten 200 Wasserzoll geben würde. Obgleich die Schlussfolge nicht ganz sicher war, auch sogleich in Zweifel gestellt wurde, so kam der Vorschlag dennoch zur Ausführung und mit der Darstellung des Filter I wurde der Anfang gemacht. Eine gusseiserne Röhrenleitung führte das angesammelte Wasser vom Punkte *A* über *B* und *D* nach dem Maschinengebäude. Als man zu pumpen anfing, zeigte es sich, dass das Resultat

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1838. S. 273 ff.

lich sehr bedeutend unter dem erwarteten blieb, man hatte
hschnittlich kaum 60 Wasserzoll, aber das Wasser war rein
schön, und blieb auch klar, wenn die Garonne sehr trübe
Um die Zuflüsse zu vermehren, gab man darauf dem Filter
Ausdehnung von 344 Fuss und schloss es zugleich mit
hen ein, um das höchste Wasser davon abzuhalten. Die
ahme der Wassermenge entsprach jedoch keineswegs dieser
längerung und betrug kaum 30 Zoll, so dass man immer
h nicht die Hälfte von dem hatte, was man brauchte. Der
nd von der geringen Ergiebigkeit der Verlängerung des Fil-
lag augenscheinlich darin, dass die zuerst eröffnete Strecke
on ringsum das Wasser angesogen hatte und man also bei
weiteren Fortsetzung nicht mehr den stark durchnässten Bo-
, wie das erste Mal, antraf.

Bald zeigte sich ein zweiter Uebelstand. Das Wasser aus
m Filter war Anfangs rein und klar gewesen, im zweiten
hre bildete sich ein starker Pflanzenwuchs in dem offenen
ssin und das Wasser nahm schon einigen Beigeschmack an.
dritten Jahre vergrösserte sich das Uebel auf eine sehr un-
genehme Art, woran namentlich die grosse Hitze Schuld war.
e Pflanzen vegetirten aufs üppigste in dem Bassin, und ihre
seitigung war unmöglich. Frösche und andere Thiere fanden
h in grosser Anzahl ein, und indem sie hier starben und
lten, so wurde das Wasser in dem folgenden Jahre ganz
rauchbar. Eine Aenderung der ganzen Einrichtung war da-
dringend nöthig; das Filter musste geschlossen werden. Auf
buisson's Rath wurde dasselbe so gut wie möglich gereinigt
am Boden ein überwölbter Gang in gebrannten Steinen, je-
mit offenen Fugen, ausgeführt, worin das Wasser sich
mmeln sollte. Zur Seite desselben und darüber brachte
eine Schüttung von grossen Steinen an, die beinahe die
e Höhe der Ausgrabung füllte; alsdann folgte eine Schicht
erer Steine, dann Kies und endlich trug man die Deiche
er ab und füllte mit dem Sande, woraus sie bestanden, die
efung vollends aus. So war die ursprüngliche Oberfläche
er dargestellt und konnte in ihrer ganzen Ausdehnung wie-
als Viehweide benutzt werden. Eine Beaufsichtigung des
rs, die früher nothwendig gewesen war, wurde dadurch ent-

behrlich, doch führte bei *A* eine Treppe herab und hier konn
man den Zustand und die Wirksamkeit jederzeit beobachte
Die Resultate dieser Aenderung waren höchst befriedigend. D
Wasser nahm seine frühere Klarheit und Frische wieder an u
hat dieselbe seitdem immer behalten; selbst während der heiss
sten Zeit erreicht es keine höhere Temperatur als etwa 13 Gr
Réaumur, und im Winter 1830, nachdem es 25 Tage hindur
stark gefroren hatte, zeigte es immer noch 6 Grade über de
Gefrierpunkte. Die gesammten Kosten für die Anlage und d
Abänderungen dieses Filters beliefen sich auf 44700 Franc
doch meint d'Aubuisson, dass es für die halbe Summe sogleic
in seiner letzten Gestalt hätte eingerichtet werden können.

So günstig das erreichte Resultat in gewisser Beziehung
war, so genügte es in anderer doch lange nicht, denn ma
brauchte 200 Wasserzolle und hatte deren noch nicht 100. St
auf dem bereits mit Glück verfolgten Wege weiter fortzufahre
so schenkte die städtische Behörde einem Brunnenmacher i
Vertrauen, der die Ausführung einer Reihe Brunnen vorschlu
die mit einander in Verbindung gesetzt werden sollten. Ob ma
solche Brunnen, oder eine zusammenhängende Gallerie bau
konnte im Wesentlichen keinen Einfluss haben; nur die Kost
vermehrten sich durch diese Aenderung. Das erste Filter w
durchschnittlich 15 Ruthen vom Strome entfernt, und die E
fahrung hatte gezeigt, dass dieses genügte. Es blieb ungewi
ob eine Aenderung in dieser Beziehung vortheilhaft sein wür
und da man dieses voraussetzte, so verlegte man das neue F
ter, wie die Figur zeigt, zwischen *D* und *E* in einen Abst
von etwa 3 Ruthen vom Flusse. Im Anfange des Jahres 1
wurde dieses Project genehmigt. Auf eine Länge von 24 R
then wurden, nachdem ein Graben hier eröffnet war, 11 Brun
versenkt; deren oberer Rand etwa 4 Fuss unter dem Boden l
Man verband sie untereinander durch gusseiserne Röhren,
deckte sie mit gusseisernen Platten und überschüttete Alles
Kies. Das Wasser dieses zweiten Filters vereinigte sich bei
mit dem des ersten und beide wurden zusammen nach den Pu
pen geführt. Die Kosten dieser neuen Einrichtung beliefen s
auf etwa 27000 Francs, die Resultate waren aber in jeder B
ziehung ungenügend. Man gewann nicht mehr als 60 und hö

) Wasserzoll, und das Wasser hatte einen modrigen
ck, indem die Brunnen zum Theil in einem schlammi-
en versenkt waren. Das Uebelste war aber, dass das
immer beinahe die Temperatur des Flusses annahm und
17 und 2 Graden Réaumur wechselte. Die grosse
verursachte wieder, obgleich der Zutritt der Luft und
ites abgeschlossen war, einen starken Pflanzenwuchs
r von feinen Wasserpflanzen, die man durch dichte
ebe von den Leitungsröhren abzuhalten suchte, die
en ihrer Feinheit dennoch das Wasser mit kaum sicht-
den verunreinigten. Ein anderer Uebelstand war, dass
en bei der geringen Strömung, die in ihnen statt fand,
ler höheren Temperatur stark rosteten; der Eisengehalt
sers färbte den Marmor in den Bassins der Spring-
und fliessenden Brunnen. So war dieses zweite Filter
Beziehung nachtheilig ausgefallen. Man wollte es ganz
lassen, doch waren einige Stimmen dafür, es noch
lten und nur die eisernen Röhren durch steinerne zu

Anlage eines dritten Filters war nicht zu umgehn. Im
des Jahres 1829 legte man dasselbe an, und gab ihm
die Ausdehnung, um den noch fehlenden Bedarf von
0 Wasserzoll zu decken, sondern richtete es so ein,
160 Zoll lieferte, und man also für den gewöhnlichen
das zweite Filter entbehren konnte. Man berücksich-
seiner Darstellung nur die Erfahrungen, die man beim
lter gemacht hatte. Es ist von *F* bis *G* 66 Ruthen
bis 13 Ruthen vom Strome entfernt, und seine Sohle
ıss 8 Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande. Fig. 85
Profil dieses Filters. Die Gallerie, worin sich das
ammelt, ist 4 Fuss 9 Zoll hoch und 1 Fuss 11 Zoll
n kann also noch hineingehn und die nöthigen Reini-
ornehmen. Die Seitenmauern bestehn aus Ziegeln, die
rtel nur im Verbande übereinander gelegt sind, und
en bedecken die Gallerie von oben. Der Raum zur
mit gereinigten grossen Steinen ausgefüllt. Darüber
s hoch grober Kies geschüttet und das Ganze bis zur
ichen Höhe mit Sand bedeckt. Die Oberfläche wurde

gleich mit Grassamen besäet. Das Wasser dieses dritten ters kann bei B mit dem des ersten vereinigt werden, es aber auch bei K vorbei besonders zum Maschinengebäude langen. Castel machte später noch die sehr vortheilhafte änderung, dass er unter der letzten Zuleitung in einem wölbten Canale das Wasser des zweiten Filters von D na in das Unterwasser des Betriebsgrabens führte. Hierdurch es möglich, ohne dass man eine künstliche Ausschöpfung nehmen darf, die beiden Filter I und II trocken zu legen. kann aber auch das Wasser des Filters III nach dem U wassergraben führen, und sonach entweder alle drei Filter jedes einzelne derselben beliebig reinigen, während die a die Pumpen speisen. Das Wasser dieses dritten Filters is lange die Garonne in ihrem Bette bleibt, vollkommen rein klar, nur wenn sie die Sandbank überströmt und dabei trübe ist, so wird das hier filtrirte Wasser auch etwas ge In dieser Zeit ist aber das erste Filter sehr ergiebig, auf we der hohe Wasserstand nicht gleichen Einfluss ausübt. Man alsdann das Wasser des dritten Filters gar nicht zur Mas gelangen, sondern leitet es in das Unterwasser. Ein Uebelstand ist der, dass sich auch hier zum Theil jene Pflänzchen bilden, von denen beim Filter II die Rede war. dritte Filter nebst der Leitung nach dem Unterwasser k 68000 Francs.

Im Ganzen kann man die Anlage dieser Filter als gel ansehn. Der Bedarf ist überreichlich gesichert, und man ohne Unterbrechung des Dienstes die von Zeit zu Zeit werdenden Reinigungen vornehmen. Das Wasser ist vo men klar, und selbst, wenn die Garonne in eine Schlam verwandelt zu sein scheint, behält es seine volle Reinhei sonders wichtig ist eine Bemerkung von d'Aubuisson, hier in wörtlicher Uebersetzung folgen lasse: „Ich füge „dass man seit der Benutzung unserer Filter, und die „für das erste seit 14, für das zweite seit 12 und für da „seit 9 Jahren, keine Abnahme in der Güte und Men „Wassers bemerkt hat. Die Beschaffenheit desselben h „sogar verbessert, und was die Quantität betrifft, so „hole ich es, dass man kein Zeichen einer Abnahme

n hat, der Dienst geschieht heute noch ebenso wie
ge."

sslich ist aber noch zu erwähnen, dass man für den
Fall eines Abbruches der Sandbank, worauf die Filter
hon zum Voraus die Projecte zu künstlichen Filtern
hat.

eibt noch übrig, von derjenigen Methode des Filtrirens
en, wobei das zu reinigende Wasser das künstliche
ständig in der Richtung von oben nach unten
it. Diese Anordnung, welche in gewisser Beziehung
iste ist, wird in England am häufigsten angewendet,
rossen Vortheile, die sie gewährt, bestehn darin, dass
edenen Schichten des Filters am wenigsten vom Wasser
ung gebracht werden, und man überdies Gelegenheit
iederschläge, die das Wasser im feinen Sande absetzt,
nöthig ist, zu entfernen und dadurch die dauernde
eit des Filters zu sichern. In früherer Zeit, wo man
Grundsatze ausging, dass das Wasser zuerst durch
lsdann durch feinen Kies und zuletzt durch Sand ge-
en müsse, um sich zuerst der gröberen und dann der
toffe zu entledigen, konnte der letzte Vortheil nicht
imen werden, weil die Sandschicht, die sich immer
etzt und alsdann die Durchströmung hindert, so ver-
t, dass bei einer vorzunehmenden Reinigung das ganze
gepackt werden muss. Durch einige Ruhe, die man
er vor seinem Eintritte in das Filter giebt, kann man
lie gröbsten Stoffe schon entfernen, und so ist der
l allein genügend, um die Filtrirung zu bewirken.
nur darauf an, ihn so sicher zu lagern, dass er
h die unmittelbar darauf gerichtete Strömung aufge-
och auch in die Ableitungsröhren geführt wird. Um
edingung zu erfüllen, so bemüht man sich, die Strö-
glichst zu mässigen; man lässt das Wasser durch
ffnungen und ohne viel Gefälle in Furchen eintreten,
ich dargestellt werden, um der Bildung von tiefen
begegnen. Die andere Bedingung wird dagegen ge-
chon dadurch erreicht, dass man den feinen Sand auf
s, diesen auf groben Kies und letztern auf grössere

Steine schüttet, so dass die nach und nach zunehmende Erwei-
terung der Zwischenräume eine Vermischung der Schichten und
ein tiefes Eindringen des Sandes verhindert. Der letzte Zweck
wird hierdurch aber noch nicht ganz erreicht, dagegen gelingt
es durch Anwendung einer Schüttung von flachen und dünnen
Körpern, den Sand vollständig zurückzuhalten, ohne dass dabei
dem Wasser der Durchgang gesperrt wird.

Es ist bereits erwähnt worden, dass der trockene Sand
und ebenso auch der Sand, der im Wasser aufgeschüttet wird,
eine bestimmte Neigung in den Seitenflächen annimmt. Dieses
geschieht auch noch, wenn er nicht vom Wasser bedeckt ist,
sondern dasselbe ihn vielmehr von oben nach unten oder seit-
wärts durchdringt. Man nehme eine Röhre, etwa den Glas-
Cylinder einer Lampe, und befestige sie so, dass ihr unteres
Ende ungefähr einen Zoll über einer horizontalen Glastafel
schwebt. Schüttet man alsdann Sand hinein, so wird derselbe
nicht nur die Röhre füllen, sondern, wenn er ganz trocken ist,
auch einen abgestumpften sehr regelmässigen Kegel darunter
bilden. Die obere Grundfläche desselben ist die untere Oeffnung
der Röhre und die untere Grundfläche stellt sich als Kreis auf
der Glasscheibe dar, und zwar bestimmt sich ihre Grösse da-
durch, dass die Seiten des Kegels etwa 30 Grade gegen den
Horizont geneigt sind. Nunmehr tröpfele oder giesse man Was-
ser in den Cylinder, jedoch so vorsichtig, dass nicht ein hefti-
ger Stoss gegen den Sand ausgeübt, noch auch eine zu starke
Strömung gebildet wird. Das Wasser durchzieht alsdann lang-
sam den Sand, und sobald es den untern Kegel erreicht hat,
so verwandelt dieser sich plötzlich in Triebsand und breitet sich
zu einem viel flacheren Kegel aus. Nichts desto weniger ge-
staltet er sich eben so regelmässig, wie früher, und das ferner
durchdringende Wasser bringt in ihm keine weitere Veränderung
hervor. Selbst auf der ganz glatten Glastafel wird ausser dem
Sande, der wegen der unvollständigen Benetzung auf dem Was-
ser schwimmt und der gleich Anfangs abgespühlt wird, kein
Sandkörnchen weiter bewegt; das Wasser fliesst vollkommen
klar ab. Die Seiten des jetzt gebildeten Kegels sind etwa 1[illegible]
Grade gegen den Horizont geneigt.

Auf solche Art wird also trotz der weit geöffneten Fug-

zwischen dem Cylinder und der Glasplatte dennoch der Sand zurückgehalten, und man kann sonach überall das Durchdringen des Sandes verhindern, wenn man dafür sorgt, dass jede Böschung, die unter allen horizontalen oder verticalen Fugen sich bildet, vollständig unterstützt wird. Es käme nur darauf an, aus flachen Steinen, die aber mindestens in drei Schichten aufgebracht werden müssten, einen Verband darzustellen, durch den kein Sandkörnchen durchdringen könnte, während das Wasser überall stark geöffnete Fugen fände. Man hat dieses Verfahren, soviel mir bekannt, noch niemals versucht, wiewohl dadurch die vorliegende Aufgabe am sichersten und leichtesten zu lösen wäre. Telford hat dagegen die Anwendung von Muschelschalen zu diesem Zwecke empfohlen, und sogar als nothwendiges Erforderniss bezeichnet, um den feinen Sand zurückzuhalten. Dieses ist wesentlich nichts andres; man überlässt es dabei aber dem Zufalle, jene Böschungen zu unterbrechen, während man dasselbe viel sicherer durch ein künstliches Verpacken von wenigen Lagen erreichen könnte. Eine Verminderung der Höhe der Unterlage des Sandes hat aber den wesentlichen Vortheil, dass man dadurch eben so viel an Druckhöhe der Pumpen gewinnt, oder die erforderliche Kraft zur Bewegung derselben in gleichem Maasse sich vermindern darf. Diese Muschelschalen sind bereits seit 10 Jahren bei dem Filter der Chelsea-Wasserleitung bei London mit Vortheil angewendet worden. Die Einrichtung dieses Filters ist folgende.*)

Eine Dampfmaschine hebt das Themsewasser in zwei gemauerte Bassins, jedes von zwei Morgen Flächeninhalt. Indem das Wasser hier in Ruhe kommt, so lässt es die gröbsten Unreinigkeiten zu Boden fallen, und fliesst in der Nähe der Oberfläche durch kurze Canäle nach den Filtern. Der Zufluss und Abfluss werden dauernd unterhalten, um einen vollständigen Stillstand des Wassers zu verhindern. Die Niederschläge füllen indessen die Bassins mit der Zeit stark an, so dass endlich eine Reinigung nöthig wird. Für diesen Fall wird das eine ausser Thätigkeit gesetzt.

---

*) Vergl. *Life of Telford*, p. 645; ferner *Matthews hydraulia*, p. 88, und *the Civil Engineer and Architects Journal* 1839. p. 341.

Zum Filtriren sind wieder zwei Bassins eingerichtet, denen das grössere 348 und das kleinere 237 Fuss lan beide sind 178 Fuss breit. Ihr Boden besteht 18 Zoll aus einem festen Lehmschlage, die Seitenmauern sind 12 hoch und durch Strebepfeiler gestützt; sie lehnen sich übe an feste und mit Rasen bedeckte Umwallungen. Längs Boden der Filter sind Reihen von cylindrischen Canälen mauert, nämlich im längeren liegen 9 und im kürzeren 11 so parallel neben einander, wie Fig. 86, Taf. IX. zeigt. Sie ungefähr 2 Fuss weit, aus doppelten Lagen von besonders formten Steinen und zwar mit sehr weiten Fugen aufgeführt dass das Wasser ringsum frei eintreten kann. Eine Lage kleinen Steinen oder grobem Kiese umgiebt sie, und überd sie noch einige Zoll hoch. Hierauf ruht die 6 Zoll hohe l von Muschelschalen. Alsdann folgt gröberer und zuletzt feiner Sand. Die ganze Stärke der Sandschicht beträgt 5 F Alle diese Schichten sind, ausser einer geringen Neigung der Länge, auch nach der Breite der Filter nicht horizo sondern wellenförmig abgeglichen, so dass sich zwischen Canälen vertiefte Furchen bilden. Der Zweck hiervon ist, Wasser gleichmässig zu verbreiten und zu verhindern, das nicht etwa in einem einzigen Strome über das Filter fliesst, bei es die Oberfläche stark angreifen würde. In eine jed so gebildeten Rinnen wird das Wasser aus dem Zuleitungsc von den Klärungsbassins durch ein besonderes Ausgussrohr eingeleitet, und damit es beim Eintritt den Sand der Schicht nicht fortspühlt, so stürzt es jedesmal zunächst in hölzerne Rinne von 3 Fuss Länge, 6 Zoll Breite und 3 Tiefe. Aus diesen fliesst es mit sehr wenig Gefälle i Sandrinnen. Das Material zu allen Schichten muss vor Gebrauche sorgfältig gewaschen und gereinigt werden.

Indem das Wasser das Filter bedeckt, zieht es sich unbemerkt in den Sand ein, sondern es erfolgt ein Aufw als ob die ganze Masse in Gährung wäre. Auffallend i auch, dass im Innern eine Gasbildung statt findet und stark wird, dass, wenn für deren Ableitung nicht gesorgt sogar Explosionen eintreten und Theile von dem Filter he geworfen werden. Man versieht daher die Filter dieser Art h

Luftröhren, doch können die cylindrischen Canäle schon den
weck derselben erfüllen, wenn sie am obern Ende mit offenen
anälen in Verbindung stehn. Am andern Ende vereinigen sich
Röhren in einem Canale, der das gereinigte Wasser in ein
lgendes Reservoir giesst, von wo es in die Röhrenleitung tritt.

Indem nun das Wasser von oben nach unten die verschie-
denen Schichten durchdringt und in diesen die Zwischenräume
an Grösse zunehmen, so erfolgt in den untern Schichten gar
eine Absetzung von Unreinigkeiten und dieselben sind daher
als Filter ganz unwirksam. In den Sand dringen die erdigen
Theilchen im Maximum bis 6 und vielleicht 9 Zoll tief ein, doch
ist der Absatz in dieser Tiefe so geringe, dass lange Zeit hin-
urch hier keine Reinigung erforderlich wird. Dagegen ist die
erunreinigung des Sandes unmittelbar an der Oberfläche und
is zu $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe sehr bedeutend, und würde das Filter bald
nwirksam machen, wenn sie nicht häufig entfernt würde. Die-
es geschieht alle vierzehn Tage, indem man auf 1 Zoll Tiefe
en Sand abstreicht und ihn sogleich durch eine neue Lage aus-
ewaschenen Sandes ersetzt. Am stärksten stopft sich das Fil-
r, wenn die Themse durch Regen oder schmelzendes Schnee-
asser stark anschwillt.

Das Quantum des filtrirten Wassers beträgt nach Telford
uf 1 Acre Flächenraum täglich 3 bis 4 Mal Hundert Tausend
ubikfuss, und zwar richtet sich die Verschiedenheit allein nach
m Bedürfnisse, da das Filter die letzte Masse auch ohne
hwierigkeit liefert. Es giebt sonach der Rheinländische Qua-
atfuss Oberfläche in 24 Stunden 9 Cubikfuss Wasser. Dieses
sultat schliesst sich sehr genau an dasjenige an, welches
nieys aus seinen Beobachtungen an der Filtriranstalt Boule-
uge zu Paris herleitete*); er fand nämlich, dass der Qua-
atmeter Oberfläche in der Minute 2 Liter lieferte und dieses
ebt nach der Reduction auf Rheinl. Maass täglich für den
uadratfuss $9\frac{1}{8}$ Cubikfuss. Aus der Vergleichung der Geschwin-
gkeit des abfliessenden Wassers mit der ganzen Druckhöhe
lgerte Génieys noch, dass ein Theil der letzteren, der sehr
ahe 20 Zoll gleich kam, seinen Einfluss auf die Geschwindig-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. I. p. 75.

keit verloren hatte und sonach dieses die Druckhöhe war, d
das Durchdringen des Wassers durch das Filter bewirkte.

In neuerer Zeit hat die Erfindung von Fonvielle in Paris
Aufsehn erregt, und ist nach dem Berichte, den Arago darüber
erstattet hat, als eine neue und höchst wirksame Verbesserung
zu betrachten. Da jedoch ein Patent dafür dem Erfinder ertheilt
ist, so ist die Sache bisher nicht genauer bekannt geworden.
Das Wesentliche scheint dabei zu sein, dass dieses Filter unter
dem enormen Wasserdrucke von 70 Meter (223 Fuss) wirkt;
es besteht aus einer Lage von Sand oder feinen Steinen und
die Erfindung scheint sich vorzugsweise auf die Sicherung der
Schüttung gegen ein Ausspülen zu beziehn. Die Quantität des
filtrirten Wassers soll bei gleicher Ausdehnung der Filter über-
aus gross sein, doch fehlen darüber zur Zeit noch die nähern
Angaben. Ausserdem ist wieder die Einrichtung gewählt, dass
man den Strom willkührlich umkehren und dadurch die Reini-
gung vornehmen kann, endlich wird noch gerühmt, dass die
grosse Druckhöhe keineswegs beim Filtriren verloren wird, son-
dern das austretende Wasser beinahe eben so hoch wieder auf-
steigt. Da in den letzten Jahren von dieser Erfindung gar nicht
mehr die Rede gewesen ist, so muss man wohl annehmen, dass
ihre Vorzüge sich nicht so überwiegend herausgestellt haben.

§. 22.

Leitungsröhren von Holz, Stein und Blei.

Nachdem das Wasser angesammelt und nöthigen Falls au
gereinigt ist, so lässt man es in die Leitungsröhren treten,
es nach seinem Bestimmungsorte führen. Diese Röhren bestel
wenn die Anlage weder eine grosse Ausdehnung, noch sonst
Wichtigkeit hat, aus Holz, mitunter aus Stein und zuweilen a
aus Blei. Sie sind jedoch im letzten Falle so kostbar, d
man heut zu Tage nicht leicht einen langen Röhrenstrang d
aus darstellt, doch wird zu kurzen Verbindungsröhren und schw
chen Abzweigungsröhren das Blei noch vielfach benutzt, da se
Biegsamkeit eine grosse Bequemlichkeit bietet. Soll dage
die Leitung einen grössern Ort mit Wasser versehn, und ist

Verhältnisse so wichtig geworden, dass eine Unter-
g nicht eintreten darf, so muss ein Material gewählt
welches theils an sich dauerhafter ist, theils aber auch
t, alle Nebentheile der Leitung, wie Hähne, Ventile,
nde und dergleichen mit genauem und sicherm Schlusse
ngen. Dieses ist nach den bisherigen Erfahrungen allein
sseisen der Fall, und da dasselbe bei der Vervollkomm-
es Gusses auch in sehr geringer Wandstärke und sonach
ssige Preise dargestellt werden kann, so wird es gegen-
bei wichtigeren Anlagen dieser Art ausschliesslich benutzt.
ei sämmtlichen Röhrenleitungen kommt es nicht nur dar-
, dass die einzelnen Stücke gehörig fest sind, um dem
en Wasserdrucke, dem sie ausgesetzt sein können, zu
tehn, und dass sie gehörig schliessend mit einander ver-
n werden, sondern man muss ausserdem auch dafür sor-
dass der Querschnitt an keiner Stelle weder durch eine
ung von Sand und andern Stoffen, noch auch durch Luft
gesperrt oder stark verengt werde. Eine Leitung, welche
hselnd steigt und fällt, wie Fig. 87 zeigt, ist beiden Uebel-
n ausgesetzt. Wenn das Wasser in der mit dem Pfeile
euteten Richtung in die noch leere Leitung tritt, so wird
Luft vor sich herschieben und dieselbe aus dem anstei-
n Theile entfernen. In dem Scheitelpunkte A wird es
anfangs nur über den Boden fliessen und dadurch sich
verbreiten und sogar an der tiefsten Stelle bei B den
n Querschnitt der Röhre anfüllen, ohne dass die davor
chlossene Luft entfernt wäre. Letztere nimmt oft einen
en Theil des Profiles ein und das darunter fliessende Was-
ann sie nicht mit sich reissen, weil sie trotz der Com-
on doch immer viel leichter als dieses bleibt, und sonach
von der höchsten Stelle zu entfernen ist. Bei eintretender
dehnt sich die eingeschlossene Luft stark aus, und hier-
erklärt sich die Erscheinung, dass manche Röhrenleitun-
unerachtet einer gleichen Höhe im Speisebassin bei kalter
rung mehr Wasser geben, als während der Wärme. Es
t indessen eine ähnliche und eben so nachtheilige Ansamm-
der Luft, wenn die Röhre auch weniger geneigt ist, als
dem gezeichneten Profile, und selbst in den fast horizon-

talen Strecken haften oft die Luftbläschen mit grosser Zähigkeit an der obern Wand der Röhre und verursachen daher ähnliche Verengungen. Diese Luft ist keineswegs allein diejenige, welche ursprünglich die Röhre anfüllte, sondern aus dem Wasser scheiden sich häufig Gasarten ab, zuweilen schöpft aber die Mündung der Röhrenleitung mit dem Wasser auch Luft. Man muss dafür sorgen, dass nicht nur beim ersten Eintreten des Wassers, sondern auch später die Luft an einzelnen Stellen entweichen kann. Am einfachsten wird dieses dadurch erreicht, dass man auf die Scheitelpunkte senkrechte Röhren, sogenannte Luftröhren oder Luftspunde aufstellt, die immer offen bleiben. Damit sie kein Wasser ausgiessen, müssen sie bis über das Niveau des Speisebassins reichen; dieses ist aber oft nicht leicht, und noch häufiger verbietet eine solche Einrichtung sich dadurch, dass man sie an der Stelle, wo sie angebracht werden sollte, vor zufälligen und muthwilligen Beschädigungen nicht gehörig sichern kann. Andere Vorkehrungen dienen zu demselben Zwecke.

Wenn ferner erdige Theilchen im Wasser enthalten sind, so schlagen dieselben vorzugsweise an den tiefsten Stellen wie bei B nieder. Wenn aber ein solcher Niederschlag auch nur langsam erfolgt, so kann er mit der Zeit doch nachtheilig werden, und man muss daher für Mittel sorgen, um einer zu grossen Ausdehnung desselben vorzubeugen. Dieses geschieht entweder durch die Anbringung sogenannter Wechselhäuschen oder Schlammkasten, oder durch Ausgussröhren. Jene sind Kasten in der Röhrenleitung, die eine Erweiterung derselben bilden. Sie müssen an den Seiten und am Boden wasserdicht sein und mit den ein- und ausmündenden Röhren fest verbunden werden. Indem das Wasser in sie hineintritt, so durchströmt es das erweiterte Profil, welches der Kasten bildet, mit geringerer Geschwindigkeit, und lässt daher hier die erdigen Theilchen fallen. Auf solche Art sammelt sich der Niederschlag, der sonst die Röhre zum Theil sperren würde, in diesen Kasten an, ihr Profil ist aber so weit, dass die Wirksamkeit der Leitung dadurch nicht sobald beeinträchtigt wird. Die Reinigung des Kastens ist leicht, denn sobald der Deckel entfernt wird, kann man mittelst eines Handbaggers, oder wenn

Leitung ausser Thätigkeit gesetzt ist, durch Ausschöpfen Ausgraben den Schlamm entfernen. Die ungesunde Luft, ich aus dem Schlamme entwickelt, setzt aber zuweilen die Reinigung grosse Hindernisse entgegen. Ein Haupterfor-ss ist es, dass solche Anlagen nur da vorkommen, wo sie m starken Wasserdrucke ausgesetzt sind, weil sie sonst leicht wasserdicht geschlossen werden können. Sie finden ihre Stelle nur an den höchsten Theilen der Leitung, keineswegs an den niedrigsten, wo gerade die Absetzung Materialien besonders verhindert werden muss. Hierdurch ränkt sich in hohem Grade ihre Anwendbarkeit, und sie hren nur da Vortheil, wo die Röhrenleitung horizontal oder abfallend geführt ist. Bei neuern Wasserleitungen fehlen gewöhnlich ganz und statt ihrer sind die Ausgussröhren an-acht. Indem man nämlich den Röhrenstrang möglichst hori-al zu legen sucht, so wird bei undulirendem Terrain, wie es gewöhnlich vorkommt, auf der Höhe die Röhre tief ver-t, im Thale dagegen möglichst hoch gehoben. Nichts desto iger bildet sich dort ein höchster und hier ein tiefster Punkt; terer liegt aber über der Thalsohle, und von diesem Um-de hat man den Vortheil gezogen, hier einen Ausguss an-ingen, der ohne Schwierigkeit das Röhrenwasser abführt. bald der Hahn geöffnet wird, bildet sich sogleich in den näch-en Theilen der Röhre eine starke Strömung, wodurch der iederschlag, der gerade hier sich vorzugsweise absetzte, in wegung gebracht und fortgespült wird. Diese Ausgüsse und enso die Schlammkasten haben noch den Nutzen, dass man bei rkommenden Verstopfungen durch sie leicht entdecken kann, n welchem Theile der Leitung die Sperrung zu suchen ist.

Endlich muss bei Gelegenheit des Längenprofils der Röhren-itungen noch bemerkt werden, dass man zu keinem Punkte nsteigen darf, der höher liegt als das Speisebassin. Man kann war, indem man die Röhre in einen Heber verwandelt, noch ine gewisse grössere Höhe damit erreichen, indessen darf an lcher Stelle kein Ausfluss angebracht werden, woher bei die-er Anordnung nicht viel gewonnen wird, überdiess tritt dabei ber der Uebelstand ein, dass dieser Theil der Röhre sich nicht ehr von selbst füllt, und beim jedesmaligen Anlassen durch

eine besondere Pumpe vollgegossen werden muss. Es giebt nur wenige Beispiele dafür, dass man dieser Umstände unerachtet den Heber in Anwendung gebracht hat, und zwar ist es alsdann immer nur geschehn, um über den Erddamm oder die Mauer, welche unmittelbar das Speisebassin einschliesst, das Wasser zu leiten, ohne dieselbe durch eine Oeffnung zu schwächen. In grösseren Röhrenleitungen kommt aber sehr dieses nicht vor.

Der Horizont des Wasserspiegels im Speisebassin bezeichnet keineswegs diejenige Höhe, die man beliebig mit der Röhre erreichen darf. Die Ausflussmündung muss jedenfalls niedriger liegen, denn sonst würde alles Gefälle fehlen und keine Bewegung eintreten, aber auch in der Mitte der Leitung darf kein Punkt jene Höhe erreichen, oder ihr auch nur nahe kommen, weil sonst die Röhre gar nicht, oder doch nur überaus langsam sich mit Wasser füllen könnte. Hierher gehören die Fälle, in welchen mehrere Tage und selbst Wochen vergehn, bevor die volle Wirksamkeit eintritt, wie dieses Bossut von einer Leitung bei Versailles anführt. Sonach müssen bei längeren Röhrenleitungen, die abwechselnd steigen und fallen, die aufeinanderfolgenden Culminationspunkte unter derjenigen geneigten Linie bleiben, welche das nöthige Gefälle bezeichnet. Andrerseits können dagegen die tiefsten Punkte der Röhren sich zwar von dieser Grenze entfernen, man muss indessen nicht ausser Acht lassen, dass der starke Wasserdruck, der sich hier bildet, auch ein starkes Durchsickern der Fugen und bei hölzernen und steinernen Röhren auch eine schnelle Zerstörung derselben zur Folge zu haben pflegt. Sonach wird eine grosse Vorsicht in der Wahl der Röhren und in ihrer Zusammensetzung erforderlich, und bei schlechten Röhren muss man ebensowohl eine starke Senkung wie eine starke Steigung vermeiden. Man verlegt die Röhren am vortheilhaftesten mit möglichst gleichmässigem Gefälle, und zwar so, dass es der beabsichtigten Geschwindigkeit entspricht.

Zu hölzernen Leitungsröhren kann man fast jede Holzart benutzen, man wählt daher diejenige, die am wohlfeilsten zu beschaffen ist. Bedingung ist dabei vorzugsweise nur, dass die einzelnen Röhrenstücke nicht gar zu kurz ausfallen, indem jede Zusammensetzung nicht nur Kosten verursacht, son-

dern auch eine schwache und undichte Stelle in der Leitung bildet. Aus diesem Grunde eignet sich vorzugsweise hierzu dasjenige Holz, welches in recht geraden Stämmen vorkommt, also Kiefern und Lerchen. Sodann muss die Röhre auch dauerhaft sein und Festigkeit genug besitzen, um dem Wasserdrucke zu widerstehn, man giebt deshalb dem festen Holze und demjenigen, welches viele harzige Theile enthält, den Vorzug. Weiden- und Pappelholz wird wohl nie angewendet. Endlich darf die Röhre dem Wasser keinen Beigeschmack geben, und aus diesem Grunde vermeidet man gern die Benutzung von Eichenholz, doch giebt es davon viele Ausnahmen und in Frankreich scheint dasselbe sogar vorzugsweise gewählt zu werden. Im Allgemeinen möchte sonach ausser dem Kiefern- und Lerchennoch das Ellernholz sich besonders empfehlen.

Die Länge der einzelnen Röhrenstücke beträgt gewöhnlich zwischen 12 und 18 Fuss. Ueber 20 Fuss darf sie nicht sein, weil alsdann das Bohren zu schwierig wird, selbst wenn die Holzstücke eine grössere Länge gestatten sollten. Die Wandstärke hängt ausser der Festigkeit des Holzes auch von der lichten Weite des Bohrloches und von dem Wasserdrucke ab, wie dieses bei Gelegenheit der gusseisernen Röhren näher entwickelt werden wird. Man darf indessen die Wände einer hölzernen Röhre nicht auf die möglichst kleinsten Dimensionen beschränken, indem die Röhre während des Gebrauchs leidet und also durch eine geringe Wandstärke auch ihre Dauer beeinträchtigt wird. Gewöhnlich macht man die Wand dem Durchmesser des Bohrloches gleich, und da man letzteren (nach §. 16) aus der Wassermenge und dem Gefälle entwickeln kann, so ergiebt sich hieraus, wie stark die Stämme sein müssen, welche man ausbohren will. Trifft es sich aber, dass die Röhre sehr tief unter das Speisebassin verlegt wird und daher einem grossen Wasserdrucke ausgesetzt ist, so genügt die eben gegebene Regel nicht mehr, und man muss der Wand in diesem Falle eine grössere Stärke lassen. Dabei kommt es aber nicht allein auf den Wasserdruck an, den das Piezometer, während die Leitung in voller Thätigkeit ist, anzeigen würde, sondern man muss auch den Fall berücksichtigen, dass unterhalb dieser Stelle eine absichtliche oder zufällige Sperrung eintreten kann und alsdann

der volle Wasserdruck des Speisebassins in Wirksamk
Wenn aber die Sperrung plötzlich erfolgt, so vermehrt d
der bewegten Wassersäule noch sehr beträchtlich diesen
Man pflegt hiernach die stärksten Röhren an die tiefsten
zu verlegen, während man die schwächeren noch in den
Theilen der Leitung benutzen kann.

Indem die hölzernen Röhren nie trocken werden,
man eine sehr lange Dauer bei ihnen voraussetzen,
indessen manche andere Ursachen ihrer Zerstörung
namentlich leiden sie häufig durch den Schwamm, do
man der Entstehung und starken Verbreitung desselbe
ein sorgfältiges Verlegen vorbeugen. Ausserdem zeigt s
wie in allen andern Fällen, wo Holz mit fliessendem
in Berührung steht, noch ein vollständiges Verzehren d
Es ist eine bekannte Erfahrung, dass im Boden eines
oder einer Freiarche, wenn derselbe auch fortwährend
blieben ist, nach einer Reihe von Jahren die Zapfen ni
die Zapfenlöcher füllen und alle Verbandstücke, soweit
ganz mit Erde umgeben waren, den genauen Schluss
haben. Ebenso bemerkt man auch, wenn ein Pfahl au
wird, der etwa ein halbes Jahrhundert in einem Flusse
dass der Theil, der über dem Bette vorragte, viel s
ist als der, welcher mit dem fliessenden Wasser nich
rührung gekommen ist. Auf ähnliche Art wird auch
in den Röhren angegriffen und verzehrt. Bei den
leitungen in Prag vergrössert sich die Weite der R
6 Jahren um 3 bis 4 Zoll, und die Wandstärke vermin
dadurch so sehr, dass die Röhren in diesen kurzen Z
räumen schon erneut werden müssen.*) Namentlich
man dieses an solchen Stellen, wo die Röhren dem
Drucke von 80 Fuss ausgesetzt sind, und wahrscheinl
das Durchdringen des Wassers durch die Röhrenwand i
störung noch befördert. Um diesem letzten Einflusse z
nen, verlegt man hölzerne Röhren gewöhnlich in ein T
wodurch zwar das erste Durchdringen der Wasserader n
hindert werden kann, das hindurchgedrungene Wasser

*) v. Gerstner, Handbuch der Mechanik. Prag 1832. Bd. I

ein neues Hinderniss findet, und sonach sich ausserhalb
hre bald ein Gegendruck bildet. Die hölzernen Röhren,
früher das Wasser des New-River in London vertheilten,
n durchschnittlich 20 Jahre. Sie bestanden aus Ulmenholz,
aber so häufig schadhaft, dass man den Wasserverlust,
verursachten, im Durchschnitt auf 25 Procent schätzte.
rührte zum Theil davon her, dass man die undichten Stellen,
h in der verminderten Ergiebigkeit zu erkennen gaben,
o schnell auffinden konnte und oft Wochen lang darnach
musste.

r Zusammensetzung hölzerner Röhren wendet man
figsten die Fig. 88 *a* in der Seitenansicht und *b* im Durch-
dargestellte Verbindungsart an. Die Röhre wird conisch
ärft und zwar so, dass, wenn der Kegel ergänzt würde,
Iöhe mindestens zweimal so gross, als der Durchmesser
Basis wäre. Einen festeren Schluss erhält man aber, wenn
s Verhältniss beider Grössen, wie 2½, oder auch wohl wie
annimmt. Um das Aufspalten der Röhre zu verhindern,
die conische Vertiefung erhält, wird ein eiserner Ring, der
Zoll stark sein muss, aufgetrieben, und zur gehörigen
g der Fugen wird entweder Oelkitt auf den conischen
gestrichen, der jedoch auf dem nassen Holze meist nicht
oder man umwindet diesen Zapfen mit getheerter Leinwand.
e Verbindung kann man auch, wie Fig. 89 zeigt, zu
rungen benutzen, und zwar eben sowohl, wenn dieselben
inem rechten, als wenn sie unter einem spitzen Winkel

e conische Gestalt der Zapfen giebt häufig Veranlassung,
ie Röhren, sobald sie quellen, sich auseinanderschieben,
ar erfolgt dieses um so leichter, je stumpfer der Kegel
Ian weicht diesem Uebelstande zuweilen dadurch aus, dass
urch cylindrische Zapfen die Röhren ineinander greifen
vie Fig. 90 im Durchschnitte zeigt. Die Stärke des Zapfens
diesem Falle gewöhnlich das arithmetische Mittel zwischen
zen Stärke und der lichten Weite der Röhre. Man schneidet
pfen so zu, dass er willig in das Zapfenloch hineingeht,
umwindet man ihn mit getheerter Leinwand und treibt
, sobald die Röhre später mit Wasser gefüllt wird, fängt

er an zu quellen, und der Schluss wird dicht. Der Zapfen ist meist 3 bis 4 Zoll lang, und die Röhre, worin das Zapfenloch sich befindet, wird wieder durch einen eisernen Ring gegen das Aufspalten gesichert.

Die beste Art der Zusammensetzung hölzerner Röhren ist in Fig. 91 dargestellt. Man schneidet die Röhren an beiden Enden stumpf ab und verbindet je zwei derselben durch eine eiserne auf beiden Enden zugeschärfte Büchse *A*. Damit diese indessen nicht etwa nur in eine Röhre eindringen möchte, so ist sie in der Mitte mit einem vorstehenden Rande versehn. Man macht die Büchse häufig nur 3 Zoll lang, so dass sie in jede Röhre nur etwas über einen Zoll eindringt, und giebt ihr auch wohl einen so kleinen Durchmesser, dass sie kaum einen Zoll vom Umfange des Bohrloches absteht. Beides ist zur Darstellung einer sichern Verbindung nicht genügend, und wenn man einige Mehrkosten nicht scheuen darf, so lässt man die Büchse in jedes Röhrenstück 3, auch wohl 4 Zoll tief eingreifen und giebt ihr einen solchen Durchmesser, dass sie in die Mitte der Röhrenwand trifft. Ihre Stärke beträgt alsdann neben dem vorstehenden Rande ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll. Die Kosten für die Anschaffung solcher Büchsen sind freilich bedeutend, aber ihre Dauer wird auch so sehr vergrössert, dass sie bei wiederholter Auswechselung der Röhren aufs neue benutzt werden können. Ihre Anfertigung geschieht in der Art, dass zuerst schmale Ringe von gleicher Dicke geschmiedet werden, die man alsdann unter dem Hammer verlängert und zugleich an beiden Seiten mit Schneiden versieht. Die mittlere erhöhte Rippe wird aber mittelst eines besondern Hammers ausgeschmiedet, der mit einem Gesenke von entsprechender Form versehn ist. Es ist aber vortheilhaft, die Büchse eben sowohl im Innern, wie im Aeussern, etwas conisch abzuschrägen, wie dieses Fig. 92 zeigt. Um die Büchse einzusetzen, stellt man sie concentrisch mit dem Bohrloche auf die Stirnfläche der einen Röhre und treibt sie mit einem Hammer bis nahe an den vorstehenden Rand ein, so dass derselbe etwa noch einen halben Zoll vom Holze entfernt bleibt. Hierauf wird die Büchse herausgezogen, was mittelst einer Brechstange, die unter die Rippe fasst, nicht schwer ist, und man treibt sie mit ihrer andern Seite in das folgende Röhrenstück ebenso weit ein. Endlich wird die erste

Seite wieder in den bereits gebildeten Spalt eingestellt und mittelst starker Schläge, die man an das Ende der zweiten Röhre führt, dringt die Büchse auf beiden Seiten bis zur Rippe ein. Es darf kaum erwähnt werden, dass man sich hüten muss, die Schneiden durch das Aufschlagen zu beschädigen; man benutzt hierzu einen eisernen Aufsetzer, der auf die Rippe passt und die Schneide bedeckt. Bei dieser Methode ist eine Dichtung mit Hanf oder Leinwand entbehrlich, ebenso fehlen auch die eisernen Ringe, die sonst das Aufspalten der Röhren verhindern. Die Länge der ausgebohrten Röhren wird aber vollständig benutzt, indem keine Zapfen angeschnitten werden.

Wenn diese Büchsen an der einen Seite etwas verlängert werden, so dienen sie auch zur Darstellung von Abzweigungen, die unter einem rechten Winkel seitwärts austreten. Zu diesem Zwecke muss die Seitenöffnung hinreichend erweitert werden, so dass man die Büchse eintreiben und mit Holzkeilen dichten kann, während sie auf der andern Seite in der beschriebenen Art in das Hirnholz der Zweigröhre eingreift. Am sichersten werden jedoch die Biegungen und Abzweigungen in hölzernen Röhrenleitungen dargestellt, wenn man gusseiserne Verbindungsstücke wählt. Die Befestigung derselben gegen die hölzernen Röhren geschieht, indem sie in letztere hineingeschoben und der Zwischenraum durch Holzkeile, die in Theer getränkt sind, gedichtet wird. Damit hierbei aber nicht vielleicht die Röhre spaltet, muss sie ebenso, als wenn eine hölzerne Röhre hineingeschoben würde, von einem eisernen Ringe umgeben sein.

Zuweilen hat man auch versucht, die hölzernen Röhren aus einzelnen Stücken zusammenzusetzen, um sie theils sorgfältiger zu bearbeiten, theils aber auch um ihnen eine grössere Weite zu geben. So ist schon oben bei Gelegenheit der Artesichen Brunnen von der Zusammensetzung aus zwei Hälften die Rede gewesen, und wenn die Anzahl der Segmente noch grösser wird, so ist ihre Construction ganz übereinstimmend mit der eines Fasses, wobei die eisernen Zugbänder den Zusammenhang zwischen den einzelnen Theilen darstellen. Obwohl man dergleichen Röhren bei Wasserleitungen nicht anwendet, so muss doch erwähnt werden, dass auf diese Art die gusseisernen Röhren, welche das von der Maschine Chaillot in Paris gehobene Wasser unter sehr starkem Drucke nach den Reservoiren leiteten, mit Holz verkleidet

waren, und zwar um das Durchsickern zu verhindern. Der Ma
den sie erhielten, bestand aus 1½ zolligen eichenen Stäben
starke Zugbänder verbanden diese.

Beim Verlegen der Röhren muss man eine Tiefe wä
in der das Wasser vor dem Gefrieren und der starken Erwärn
gesichert ist. Das Erste wäre besonders nachtheilig, weil da
nicht nur die Leitung ganz unterbrochen, sondern auch die R
zersprengt würden. Wiewohl die Boden-Temperatur selb
grosser Tiefe im Sommer nicht dieselbe, wie im Winter is
geschieht es doch nicht leicht, dass der Frost in unserm
3 Fuss, oder darüber in den Boden eindringen sollte. In S
werden die Röhrenstränge häufig noch aus einem andern G
sehr tief verlegt, man muss sie nämlich vor den Erschütter
des Fuhrwerks in den Strassen sicher stellen, wodurch ihre
bindungen sich lösen und undicht werden könnten. Diese
sicht ist indessen bei hölzernen Röhrenleitungen weniger
als bei eisernen und steinernen.

Bei verschiedenen Wasserleitungen ist die Tiefe sehr
schieden gewählt. Die hölzernen Röhren, welche die Soo
dem Scheitel des Soldenköpfel bei Berchtesgaden nach Reich
führen, liegen des kalten Klimas unerachtet meist ganz unb
zur Seite der Chaussee; hier verhindert indessen der starke
gehalt des Wassers das Einfrieren desselben. Leitungen,
Quellwasser aus dem Erdboden aufnehmen, braucht man
des Frostes nicht tief zu versenken, weil die Abkühlung ni
schnell erfolgt. Wo aber das Wasser aus dem Speise
schon abgekühlt und vielleicht unter dem Drucke einer Ei
abfliesst, da muss man jede fernere Erniedrigung der Temp
verhindern, und deshalb einige Fuss tief unter die Oberfläc
Bodens herabgehn. In Paris legt man alle Röhren mind
1 Meter oder 3 Fuss 2 Zoll tief, in England wählt man un
dieselbe Tiefe, doch geht man in Deutschland bei der A
grösserer Leitungen gemeinhin etwas vorsichtiger zu Werk
versenkt die Röhren bis 5 Fuss tief.

Eine zweite Rücksicht, die man beim Verlegen der R
zu nehmen hat, bezieht sich auf die Festigkeit des Bodens
Allgemeinen darf man diese immer voraussetzen, insofern
neue Aufschüttung gemacht, sondern der Graben, worin die

mit derselben Erde angefüllt wird, die schon früher hier lag
drückte. Das Gewicht der Röhre ist an sich unbedeutend
jedenfalls geringer als das der Erde, deren Stelle sie ein-
nt; man hat also nur darauf zu achten, dass bei einem nach-
igen Boden nicht andere Aufträge oder sonstige schwere
den ausgeführt werden, durch welche der Röhrenstrang, wenn
gerade darunter liegt, theilweise herabgedrückt und dadurch in
ner Verbindung gelöst werden könnte. Endlich muss man
ch darauf sehn, dass die Röhre mit keinen animalischen oder
getabilischen Stoffen in Berührung kommt, weil solche vorzugs-
eise die Bildung des Schwammes verursachen. Aus diesem
runde darf auch keine fette Gartenerde zur Bedeckung genom-
en werden, sondern am besten eignet sich dazu Sand oder Thon,
owie auch die Verbindung beider, nämlich Lehm. Eine Ausnahme
iervon rechtfertigt sich nur, wenn der Röhrenstrang, wie dieses
n moorigem Boden zuweilen geschieht, unter dem Grundwasser
liegt. Der Thon hat übrigens vor dem Sande den Vorzug, dass
er das Durchsickern des Wassers verhindert, woher er auch vor-
zugsweise benutzt wird. Zuweilen werden die Röhren vor dem
Verlegen in der äusseren Oberfläche getheert, was jedoch wenig
Nutzen hat, da man das Holz vorher nicht so stark austrocknen
lässt, dass der Theer eine feste Verbindung damit eingehn könnte.
Andrerseits geschieht es auch, dass man die Röhren von aussen
schwach bebrennt, wodurch zwar der Fäulniss sehr kräftig ent-
gegengewirkt, aber leicht der grosse Uebelstand herbeigeführt
wird, dass die Röhren stellenweise geschwächt werden.

Die hölzernen Röhren werden gewöhnlich ohne besondere
Untermauerung in der Erde verlegt. Man hebt einen Graben in
der Richtung aus, wo der Röhrenstrang liegen soll, und zwar in
solcher Tiefe, dass seine Sohle zugleich das Bette für den letz-
tern bildet. Unter Umständen kann die Anbringung eines Thon-
schlages auf der Sohle nöthig werden, jedenfalls wird man den
Graben aber nur so breit machen, dass die Röhre darin Platz
findet. Die Böschungen sind aber so steil, dass sie nur kurze
Zeit hindurch sich halten. Von grosser Wichtigkeit ist es, jede
einzelne Röhrenstrecke, bevor sie wieder mit Erde verschüttet
wird, in Hinsicht ihrer Wasserdichtigkeit zu prüfen. Zu diesem
Zwecke wird in die äussere Oeffnung der zuletzt verlegten Röhre

ein hölzerner Pflock eingetrieben und der Zufluss des Quells nach der Leitung geöffnet. Es bildet sich alsdann in der ganzen Leitung der volle Druck, welcher der Niveaudifferenz gegen das Speisebassin entspricht, und wenn dieser kein Ausspritzen oder Hervorquellen des Wassers aus den Fugen zwischen den Röhren oder durch die Röhrenwände selbst zur Folge hat, so kann man diesen Theil als gehörig wasserdicht ansehn und ihn verschütten.

Die willkührliche Zulassung und Absperrung des Wassers aus dem Sammelbassin nach der Röhrenleitung kann schon durch die in Fig. 74 dargestellte Vorrichtung erfolgen, man bringt dafür aber auch häufig eine Art von Kegelventil an, welches an einem Stiele herausgehoben und eingesetzt wird, und die Oeffnung in der Grundrinne oder im daraufgestellten Rinnstocke sperrt.

Die Anbringung der Luftspunde darf in hölzernen Leitungen keineswegs fehlen, und da letztere viel roher zusammengesetzt sind als die eisernen, so tritt für die Luftspunde noch der sehr wichtige Zweck ein, durch sie bei eintretenden Verstopfungen oder Lecken die schadhaften Stellen aufzufinden. Wo es geschehn kann, bringt man verticale Luftröhren in der Fig. 89 gezeichneten Verbindungsart an, und führt sie bis über das Niveau des Speisebassins herauf. Hierzu findet sich indessen nicht leicht die Gelegenheit, man muss also bei jedem Gebrauche des Luftspundes die darüber geschüttete Erde aufgraben. Man pflegt in diesem Falle gewöhnlich nur die Röhre von oben anzubohren, und das Bohrloch mit einem hölzernen Pflocke zu schliessen. Dieses geschieht etwa alle 10 Ruthen. Man bezeichnet diese Stellen, und wählt sie an Orten, wo die Röhre nicht tief liegt und wo man leicht hinzukommen kann. Soll die Röhrenleitung angelassen werden, so sind alle diese Oeffnungen frei, sobald aber das Wasser daselbst erscheint, nach und nach den ganzen Querschnitt der Röhre füllt, auch endlich durch das Bohrloch bis zur äussern Wand der Röhre heraufsteigt und überfliesst, so wird der Pflock eingetrieben. Dieses wiederholt sich an allen einzelnen Oeffnungen. Schliessen sie alle gehörig und stellt sich eine regelmässige Wirkung der Leitung ein, so werden zuletzt die Spunde verschüttet.

Zeigt sich dagegen später eine merkliche Abnahme der zugeführten Wassermenge, während das Speisebassin gehörig ge-

fängt man an, die Stellen, wo die Spunde befindlich sind, raben und letztere wieder herauszuschlagen. Aus der rn oder mindern Stärke, womit das Wasser herausquillt, at man schon, in welcher Strecke der Schaden zu suchen ist, lieser Theil der Leitung muss gewöhnlich ganz aufgegraben n. Entdeckt man einen Leck, so lässt sich durch Ein-n von Hanf oder Werg derselbe gemeinhin leicht stopfen. ers ist es aber, wenn eine Verstopfung in der Röhre vor-mmen ist, die sich namentlich durch eingetriebene Wurzel-rn zu bilden pflegt. In diesem Falle ist es besonders nützlich, n man recht viele Wechselhäuschen angebracht hat, durch lche man flexible Stangen einstossen kann. Auch die Luftspunde sen sich so einrichten, dass sie zu diesem Zwecke brauchbar nd. Dieses geschieht, indem sie nicht in einem blossen Bohr-che, sondern vielmehr in einer etwa 3 Fuss langen Oeffnung estehn. Fig. 93 *a* zeigt eine solche von oben und Fig. 93 *b* im uerschnitte. Sie wird mit einem pyramidalisch zugeschnittenen Keile geschlossen, der Fig. 93 *c* perspectivisch dargestellt ist. Letzterer darf natürlich nicht das Bohrloch der Röhre verengen, und muss einige Zolle vor der äussern Wand der Röhre vorstehn, damit man ihn, so oft es nöthig ist, herausschlagen kann. Um ihn gehörig schliessend zu machen, ist er von allen vier Seiten passend geformt, und wird, bevor man ihn einsetzt, noch mit ge-theerter Leinwand umwunden.

Durch solche lange Oeffnungen lässt sich die Stange sowohl nach der einen, wie nach der andern Seite einschieben. Sie be-steht aus zähen Ruthen von Haselnuss, Esche und andern Holz-arten, die lange und gerade Triebe haben und dabei nicht spröde sind. Man bindet diese recht fest aneinander und stellt dadurch solche Längen dar, dass man von einem Spunde bis zu dem nächsten reichen kann. Am Ende werden sie auch wohl mit einem Besen oder mit einer eigenthümlichen Vorrichtung, der sogenannten Röhrbirne, versehn. Dieses ist ein Stück Eisen, welches einer kreuzweise aufgespaltenen Birne gleicht. Die einzelnen Viertel hängen an der Stelle, wo bei der Birne der Stiel ist, durch Federn zusammen, und werden durch letztere auseinandergedrängt, wäh-rend sie bei vorkommenden Unebenheiten sich zusammenlegen und durch viel engere Profile treiben lassen. Greift man hiermit das

in der Röhre steckende Geflecht von Wurzeln an, so pfleg
solches leicht von der Wand zu trennen und man kann
zum nächsten Spunde schieben, durch welches es herausge
wird. Auch wenn eine Anhäufung von Schlamm die Ursac
Verstopfung war, so pflegt die beschriebene Vorrichtung L
machen. Zum letzten Zwecke sind aber besonders die berei
wähnten Ausgüsse an den niedrigsten Stellen sehr wirksam,
auch die Schlammkasten eine Verstopfung dieser Art verhi

Die steinernen Röhren sind sehr verschieden: sie
den entweder durch Ausbohrung eines natürlichen Steins,
zwar vorzugsweise des Sandsteins dargestellt, oder sie sin
gewöhnliches Töpfergeschirr geformt und gebrannt und in d
Falle gemeinhin von innen glasirt. Man bildet sie ferne
einer porcellanartigen Masse, die beim Brennen zusan
sintert, und daher keiner besondern Glasur bedarf, und e
werden sie zuweilen auch aus Mauerwerk oder auf ande
unmittelbar da, wo sie liegen sollen, ausgeführt. Diese R
sind zum Theil sehr wohlfeil, auch dauerhaft, wenn sie vor ä
Beschädigungen gesichert werden. Sie geben dem Wass
wenigsten einen fremdartigen Beigeschmack, lassen wege
rauhen und festen Oberfläche die verschiedenen Kitte gut
und sind daher bei sorgfältiger Verlegung auch in den S
gehörig dicht; gekrümmte Röhrenstücke und Abzweigunge
leicht darzustellen, und endlich gewähren sie den Vortheil
ihre Durchführung durch Mauern wegen der Uebereinstim
des Materials wenig Schwierigkeiten macht.

Diese Gründe sind häufig geltend gemacht, um den s
nen Röhren allgemeineren Eingang zu verschaffen, als sie
gefunden haben, es fehlt auch keineswegs an Beispielen,
zeigen, dass sie lange Zeit hindurch benutzt werden können
dagegen sind auch viele Fälle bekannt geworden, in den
so wenig haltbar waren, dass man sie bald verwerfen musst
besonders sind in dieser Beziehung die Erfahrungen wichti
man in England gemacht hat. Ihre grosse Zerbrechlichk
reicht ihnen ohne Zweifel zum Vorwurfe. Keine andere A
Röhrenleitung verlangt eine solche Vorsicht in der Verl
damit kein Theil hohl liegt oder durch Erschütterungen b
wird. Die Steifigkeit, welche sie sowohl in den einzelnen R

ken haben, als auch durch die angewendeten Kitte in den
sen erhalten, ist eine neue Veranlassung ihres häufigen Bre-
s. In dieser Beziehung wirkt schon die Temperaturverände-
g sehr nachtheilig auf sie ein, während es unmöglich ist, ihnen
genaue Form zu geben, welche sie haben müssten, wenn man
künstliche Compensation, wie bei eisernen Röhren, ihnen
en wollte. Ferner ist ihre Festigkeit immer sehr geringe und
h dazu sehr ungleichmässig, so dass man sie einem grössern
sserdrucke nie aussetzen darf, wenn sie nicht einen sehr
nen Durchmesser haben. Auch ist ihre Wasserdichtig-
nicht immer so vollständig gewesen, als man vermuthete.
llich beeinträchtigt der Pflanzenwuchs die Wirksamkeit der
nernen Röhren weit mehr, als alle andre. Manche Bäume
d so begierig, ihre Wurzeln in diese Röhren zu senden, dass
n bemerkt hat, wie dieselben sich bis auf 30 Fuss in horizon-
r Entfernung und bis 12 Fuss in der Tiefe direct nach der
tung hinzogen, und sobald sie diese erreicht hatten, durch-
ngen die feinen Fasern den Mörtel oder den Stein, und mach-
dabei nicht nur die Röhren undicht, sondern verstopften sie
h.*) Auch die Vegetation im Innern ist bei keiner andern
tung so reichlich und so störend, wie gerade bei den steinernen.

Hiernach scheint es, dass die Vorzüge vollständig durch die
chtheile aufgewogen werden, und wenn gleich unter manchen
len Verhältnissen die erstern überwiegen mögen, so ist doch
bezweifeln, dass diese Röhren eine allgemeine Verbreitung
en können.

Die Art, wie steinerne Röhren gebohrt werden, ist folgende.
n setzt eine stählerne Pfanne am obern Ende des Steinblockes
zwar in der Mittellinie der zu bildenden Röhre ein, hierin
l die Axe des Bohrers eingestellt und oben besonders befestigt.
e Axe ist verbunden mit einem eisernen sehr dünnen Cylinder,
frei herabsinken kann, aber doch die drehende Bewegung der
annehmen muss, er hat unten einen 6 Linien breiten Rand
dieser schneidet in den Stein. Der Cylinder muss etwa
Fuss länger als die zu bohrende Röhre sein, damit er über
n Steine noch gehörig gefasst und sicher geführt werden kann.

*) Vergl. *Sganzin Resumé*, 4. Auflage. S. 161.

Der Axe wird eine hin- und hergehende Drehung ertheilt,
macht in jeder Richtung eine volle Umdrehung oder etwas me
Wollte man sie immer in derselben Richtung drehn, so würde
Wirkung geringer und die Bewegung erschwert werden. V
oben fliesst Wasser mit scharfem Sande gemengt fortwährend
welches sich in die kreisförmige Furche hineinzieht und den fei
Bohrschlamm herausstösst. Dieses ist das Verfahren, durch we
ches nach dem Patente von Murdock die Röhren für die Wasse
leitung in Manchester gebohrt wurden. Man befestigte dabei al
auch mehrere Cylinder an dieselbe Bohraxe, und stellte dadur
zu gleicher Zeit bis vier Röhren von verschiedener Weite d
Es muss noch bemerkt werden, dass dieser Stein ein fester Kalk
stein war, der unter dem Namen des Portland-Stone bekannt i
Die Röhren hatten etwa 6 Fuss Länge und bei einer lichte
Weite von 12 Zoll betrug ihre Wandstärke etwa 4 Zoll.*) Di
Röhren sind gewöhnlich in der Art verbunden, die auch b
eisernen Röhren vorkommt: breite eiserne Ringe werden nämlic
über die Stösse geschoben und überdecken einige Zoll weit jede
der beiden Röhrenstücke. Der Zwischenraum zwischen denselbe
und dem Ringe wird mit hydraulischem Mörtel oder einem ande
Kitte ausgestrichen, oder behufs eines recht dichten Schlusses noc
mit schmalen Holzkeilen gefüllt. Zuweilen versieht man auc
jede Röhre mit einer Erweiterung an einem Ende, in welche da
andere Ende der folgenden Röhre eingreift, wie dieses bei guss
eisernen Röhren gleichfalls vorkommt, und man dichtet die Fug
alsdann mit Mörtel. Die Anfertigung wird hierdurch aber seh
erschwert, und ausserdem verliert jedes Röhrenstück bei der Zu
sammensetzung einen Theil seiner Länge, indem es in das vorhe
gehende hineingeschoben wird. Dass man bei der Verlegun
dieser Röhren und noch mehr bei ihrer Beschüttung sehr vo
sichtig zu Werke gehn muss, ist bereits erwähnt worden. G
wöhnlich legt man sie durchweg auf ausgemauerte Fundament
und zwar wird das Mauerwerk oben nach der Form der Röh
abgeglichen, damit der Druck sich auf eine recht grosse tragen
Fläche vertheilt.

---

*) *Belidor architecture hydraulique. Nouvelle édition pa Navier. p.* 537.

rgleichen Röhren aus Sandstein und zum Theil auch aus
Steinen, wie aus Marmor, hat man schon zur Zeit der
römischen Kaiser benutzt. Sie sind auch später mehrfach
t worden, wenn gleich die Schwierigkeit ihrer Darstellung
icht erlaubte, eine Anwendung im Grossen davon zu ma-
Doch ist dieses in England geschehn. Im Anfange dieses
nderts bildete sich nämlich in Manchester eine Actienge-
ft zur Versorgung mit Wasser. Sie legte zuerst hölzerne
, da diese jedoch viele Reparaturen verursachten, so soll-
durch andere ersetzt werden. Der Eigenthümer eines
uches in der Nähe erbot sich zur Lieferung von Sandstein-
, von denen einige Proben sehr vortheilhaft ausfielen. Die
chaft entschloss sich daher auf den Rath des berühmten
, diese Röhren zu wählen. Beim Verlegen wurde jede
he Vorsicht wahrgenommen, als aber das Wasser hinein-
n wurde, so zeigte sich die Unangemessenheit der Wahl
aterials auf die augenscheinlichste Art. Grosse Theile der
wurden sogleich inundirt, indem eine Menge Röhren bei
Vasserdrucke in viele Stücke zersprangen und aus den an-
die ganz geblieben waren, überall das Wasser durch die
wand durchquoll. Indem nun die Fonds der Gesellschaft
ndig erschöpft und alles Zutrauen zu ihr beim Publikum
wunden war, so löste sie sich auf, und die neue Gesellschaft,
17 zusammentrat, legte gusseiserne Röhren, die noch in
mkeit sind. *) In derselben Zeit, als in Manchester die
nen Röhren gelegt wurden, sollte die Grand Junction-Canal-
leitung in London ausgedehnt werden, und Rennie, der
ier der Ingénieur der Gesellschaft war, veranlasste letztere
die gusseisernen Röhren, die das Wasser verunreinigen
, zu entfernen und dafür steinerne anzuwenden. Man folgte
Rathe und der Erfolg war derselbe, wie in Manchester,
s man sich beeilen musste, wieder die gusseisernen Röhren
utzen. Die Kosten dieses Versuchs betrugen 11000 Pfund.
ie thönernen, inwendig glasirten Röhren würden sich vor-
eise durch ihre Wohlfeilheit empfehlen, wenn ihre Zerbrech-
it und sonstige geringe Dauer nicht ihre Anwendbarkeit so

*) *Matthews hydraulia.* p. 138 ff.

wesentlich beschränkte. Da ihnen die nöthige Festigkeit
um auch nur einem geringen Wasserdrucke zu widerstel
vermauert man sie gewöhnlich in der Art, dass sie wirkli
die innere Wand der Röhrenleitung bilden. Hierzu ist eine
Fundirung erforderlich, damit nirgend ein Setzen sich zeig
die Kosten werden so bedeutend, dass der Vorzug der W
heit im Vergleiche zu den hölzernen und oft selbst zu den
nen Röhren verschwindet. Die Verbindung ist in der Regel
dass jede Röhre in das erweiterte Ende der nächsten ei
und die Fuge mit Kitt gedichtet wird. Vor dem Brenne
Trocknen lassen die Röhren sich bequem etwas biegen, ma
daher die Krümmungen und in besonderen Formen die Stü
Abzweigungen darstellen. Es ist aber nicht ungewöhnlich
man Luftspunde und Abzweigungen nicht in den thönernen
ren, sondern in zwischengelegten hölzernen Röhren anbrin
welche jene eingreifen.

Indem nach dieser Darstellung die gemauerte Umschli
der Röhre den Haupttheil bildet, so kann man die geb
Röhre selbst auch ganz fortlassen. Auf diese Art stellt m
weilen kleine Canäle dar, die überwölbt, oder mit Deck
oben geschlossen sind, die aber immer durch das Wasse
ständig gefüllt werden und aus diesem Grunde als Röhren
sehn sind. Fleuret hat sie auch ohne Anwendung von
steinen allein aus einem schnell erhärtenden Mörtel gebild
bediente sich dabei eines hölzernen Cylinders, dessen Durch
der beabsichtigten Röhrenweite entsprach; derselbe wur
Mörtel umgeben und dann etwas herausgezogen, jedoch s
er noch zum Theil in der bereits fertigen Röhre stecken
woher die Fortsetzung sich immer genau anschloss. Fig. 9
den Querschnitt einer solchen Röhre.

Die aus einer porcellanähnlichen Masse gebildeten
sind unter den verschiedenen steinernen Röhren gewiss d
züglichsten, insofern sie am festesten und für das Was
wenigsten durchdringlich sind. Bei einem kleinen Durch
von wenig Zollen halten sie auch einen Wasserdruck bis 8
aus, doch müssen sie aus einer möglichst gleichmässigen
bestehn und so fest gebrannt sein, dass sie am Stahle
geben. Ihre Wandstärke ist natürlich dem Drucke ang

wählen, gemeinhin genügt es aber, derselben den vierten Theil lichten Weite zu geben. Solche Röhren sind in Augsburg on seit sehr langer Zeit zu den Wasserleitungen benutzt wor-, und ähnliche Beispiele kommen auch an andern Orten vor. im Verlegen dieser Röhren muss man indessen wieder sehr rsichtig sein. Eine ununterbrochene Fundirung, auf der sie in er Rinne liegen, ist meist nothwendig, ausserdem aber müssen auch vor Erschütterungen von dem darübergehenden Fuhr-rke gesichert und daher gehörig tief verlegt werden. Zu ihrer sammensetzung dient entweder ein mörtelähnlicher Cement, er auch ein Kitt, der heiss aufgebracht wird und beim Erkal-n erhärtet, wie z. B. Schwefel, der hierbei vorzugsweise be-tzt wird.

Die bleiernen Röhren waren vor einigen Jahrzehnden ch vielfach im Gebrauche. Sie empfehlen sich mit Recht durch nche schätzbare Eigenschaften: sie können einen starken Was-rdruck aushalten, ohne zu springen, sie sind sowohl an sich hr wasserdicht, als auch in den Stössen, wo sie zusammenge-thet werden. Man kann sie biegen und dadurch jede beliebige ümmung darstellen, und endlich kommt es bei ihnen am wenig-n auf eine gesicherte Lage an, denn Stösse und Erschütterungen haden ihnen nichts, und eben so wenig leiden sie, wenn sie ilweise auf einem nachgebenden Boden liegen, wo sie tiefer an andern Stellen einsinken. Nachtheilig ist zwar ihre starke sdehnung in der Wärme, die 2½ Mal grösser, als bei Guss-en ist. Da sie indessen nicht leicht in ganz geraden Strängen gen, so haben sie meist Gelegenheit, sich ohne Nachtheil zu längern oder zu verkürzen. In der neuesten Zeit sind die essen durch die gegossenen eisernen Röhren verdrängt, die bei vervollkommneten Methode des Giessens viel billiger sind, und llich hat man ihnen den Vorwurf gemacht, dass sie das Wasser Bleikalk versetzen und es dadurch förmlich vergiften. Sie rden heutiges Tages nur noch als dünne Zweigröhren benutzt.

Die älteste Methode ihrer Darstellung war die, dass man eiplatten zu cylindrischen Flächen scharf zusammenbog und die nder, ohne dass sie sich überdeckten, zusammenlöthete; man t es auch versucht, die Ränder durch blosses Falzen und ohne öthung mit einander zu verbinden. Hauptsächlich werden die

Bleiröhren aber gegossen und in neuerer Zeit ist das Zieh
gegossenen Röhren über einem Dorne und durch stählerne L
von abnehmender Weite üblich geworden. Die gegossenen
ren sind gewöhnlich 12 Fuss lang und haben eine Weit
1 bis 6 Zoll. Ihre Wandstärke beträgt nach Génieys bei
lichten Weite von 1 Zoll $2\frac{1}{2}$ Linien
- 2 Zoll $3\frac{1}{4}$ Linien
- 3 Zoll 4 Linien
- 4 Zoll $4\frac{1}{2}$ Linien
- 6 Zoll $5\frac{2}{3}$ Linien
Bei stärkeren Oeffnungen pflegen sie nicht mehr gegossen
dern aus Platten geformt zu werden, und im letzten Fal
halten sie auch besonders angelöthete Ränder, die, ähnli
Rändern der gusseisernen Röhren, mit Schraubenbolzen
einander gepresst werden, dabei ist es aber nöthig, eiserne
welche die Bolzenlöcher enthalten, zuvor auf die Röhren
ziehn, da ohne dieselben der nöthige Druck nicht auf de
zen Umfang gleichmässig vertheilt werden kann. Engere
ren löthet man dagegen zusammen, indem die Ränder
gegeneinander gebracht, aber nicht ineinander geschobe
den. Indem man bei den Bleiröhren überall Oeffnunge
schneiden und andere Röhren dieser Art wieder anlöthen
so sind Abzweigungen hier besonders leicht anzubringen.
man sie mit gusseisernen Röhren verbindet, soll bei Ge
heit der Beschreibung der letzteren auseinandergesetzt w
dieses ist aber dieselbe Art, wie sie auch mit hölzernen
verbunden werden.

Um eine Bleiröhre zu prüfen, ob sie beim Gusse ode
Ziehn oder Walzen überall die nöthige Wandstärke erhal
und ob die Fugen wasserdicht sind, so schliesst man
einem Ende mit einem hölzernen Pfropfen, giesst sodann
hinein und steckt in das offene Ende einen starken Stoc
unten mit einer Art Kolben versehn ist. Kann man auf
mit einem Hammer aufschlagen, ohne dass Wassertropf
der Röhre ausspritzen, oder dieselbe irgendwo Verände
zeigt, so hat sie die erforderliche Stärke und Wasserdich

Jardine in Edinburg beobachtete, dass eine Bleiröh
$1\frac{1}{2}$ Zoll Weite und $\frac{1}{5}$ Zoll Wandstärke noch einem Wasser

) Fuss widerstand, dass sie aber aufriss, sobald der
af 1200 Fuss stieg. Eine andere Röhre von derselben
rke, die jedoch 2 Zoll weit war, hielt nur den Druck
Fuss mit Sicherheit aus, und brach bei 1000 Fuss. *)
ergiebt sich, dass die obigen Wandstärken für alle in
cis vorkommenden Fälle ausreichen, dass jedoch die
Festigkeit des Bleies nur etwa den neunten Theil von
Gusseisens beträgt. Da der Preis des Bleies sich auf
das Doppelte von dem des Gusseisens stellt, so recht-
sich gewiss, dass man bei allen stärkern Leitungen
rne Röhren anwendet. Es muss noch bemerkt werden,
Zähigkeit des reinen Bleies weder einen plötzlichen
noch auch ein förmliches Sprengen der Röhren vorkom-
t. Der Erfolg einer zu starken Pressung ist vielmehr
s die schwache Stelle anschwillt und in dem Maasse,
Vandfläche sich hier vergrössert, so wird sie auch dün-
sie endlich reisst. Entsteht ein solcher Riss, so wer-
h das ausstürzende Wasser die Ränder sogleich stark
en und die Spalte erhält eine sehr weite Oeffnung. So
ich bei den Bleiröhren in Paris, wenn dieselben ge-
aren, dass die Spalten sich gemeinhin auf 2 Zoll Breite
hatten.

§. 23.

Gusseiserne Leitungsröhren.

gusseisernen Röhren lassen sich alle diejenigen Vor-
en in Anwendung bringen, welche eine zweckmässige
ng des Wassers und eine möglichste Schonung dessel-
wie eine ununterbrochene Wirksamkeit der Leitung
en. Ein grosser Vorzug dieser Röhren liegt aber noch
Dauer; in England giebt es Röhren, die 100 Jahre
das Wasser geleitet haben, ohne dass eine Abnutzung
emerkt wäre. Ferner ist ihre Stärke und Wasserdichtig-
gross, dass man ihnen selbst bei einem Wasserdrucke

---

*) vier. *Résumé des Leçons données à l'école des ponts te* s. *Vol. I.* Paris 1826. S. 399.

von 100 Fuss nur diejenige Wandstärke geben darf, die schon wegen des gleichmässigen Gusses erforderlich ist. Mittelst der hydraulischen Presse können sie leicht und sicher geprüft werden. Die einzelnen Röhrenstücke lassen sich dauerhaft und wasserdicht verbinden, und man hat dabei noch die Wahl, entweder eine ganz steife Verbindungsart zu benutzen, oder in den Stössen, unbeschadet der Wasserdichtigkeit, eine gewisse Biegsamkeit und Dehnbarkeit darzustellen, so dass der ganze Strang bei Temperatur-Veränderungen sich verlängern und verkürzen, und bei zufälligem Setzen des Untergrundes an einzelnen Stellen sich auch biegen kann, ohne die Wirksamkeit der Leitung zu beeinträchtigen. Andrerseits kann man dabei aber auch die Vorrichtung treffen, dass eine Röhre mittelst einer Stopfbüchse sich in eine andre schiebt, oder durch ein Gelenk mit derselben verbunden ist, so dass Verkürzungen und Biegungen in weit ausgedehnterem Maasse möglich sind.

Die gusseisernen Röhren sind bei der geringen Wandstärke, die man ihnen heutiges Tages giebt, so wenig kostbar, dass sie mit Rücksicht auf die Unterhaltung in den meisten Fällen viel wohlfeiler als alle andre Leitungen sind. Dabei wird das Wasser, welches sie leiten, nicht verdorben, und am wenigsten in der Art, dass es der Gesundheit nachtheilig würde. Der grösste Uebelstand ist, dass das Gusseisen oxydirt, und in manchen Fällen dieses Oxyd sich in grossen Massen absetzt. Man hat indessen diesen Fall nur selten, und wie es scheint, nur einmal bemerkt, auch ist die ganze Wahrnehmung sehr zweifelhaft, woher die Besorgniss, dass bei einer neuen Anlage der Erfolg derselbe sein möchte, beinahe verschwindet.

Um die nöthige Wandstärke der gusseisernen Röhren zu bestimmen, muss man ausser der absoluten Festigkeit des Gusseisens auch den innern Durchmesser der Röhre und die Druckhöhe des Wassers kennen. Es sei f die absolute Festigkeit, oder diejenige Anzahl von Pfunden, welche ein gusseiserner Stab von 1 Quadratzoll Querschnitt mit Sicherheit tragen kann, ohne zu zerreissen, d der Durchmesser oder die lichte Weite der Röhre, e ihre Wandstärke, Beides in Zollen ausgedrückt, und h bezeichne die Druckhöhe des Wassers über der Axe der Röhre und in Fussen. Die Röhre kann brechen, in-

s der Druck in jedem einzelnen ringförmigen Theile derselben gen die betreffenden Wände grösser wird, als die Cohäsion Wände; es ist aber auch denkbar, dass die Wände ringsum chen und ein Theil der Röhre sich von dem vorhergehenden t. Der letzte Fall ist weniger wahrscheinlich, als der erste, il die Befestigungsart der Röhren ihn gemeinhin schon verdert, da er aber doch zuweilen eintreten kann, so ist es hig, ihn auch in Betrachtung zu ziehn. Ich mache mit ihm Anfang und untersuche also zunächst, wie gross e sein ss, damit die Röhre nicht transversal bricht. Nach der einführten Bezeichnung ist der Druck des Wassers auf einen adratzoll Fläche

$$= \frac{66}{144} \cdot h = 0{,}45833 \cdot h$$

auf den ganzen Querschnitt der Röhre

$$= 0{,}11458 \cdot h \pi d^2$$

r Querschnitt der Wand ist

$$= (e^2 + e\,d)\,\pi$$

der Druck, dem die Wand mit Sicherheit widersteht,

$$= (e^2 + e\,d)\,\pi f$$

zt man beide Ausdrücke einander gleich, so findet man

$$e = \tfrac{1}{2} d \sqrt{(1 + 0{,}45833 \cdot \frac{h}{f})} - \tfrac{1}{2} d$$

die Auflösung der Wurzelgrösse in eine Reihe ergiebt unter nachlässigung der höheren Potenzen des zweiten Gliedes

$$e = 0{,}11458 \cdot d \frac{h}{f} - 0{,}01313 \cdot d \frac{h^2}{f^2}$$

mit ferner die Röhre nicht longitudinal brechen kann, darf in m ringförmigen Theile, dessen Breite ich zu 1 Zoll annehme, Druck auf ein einzelnes Stück desselben nicht grösser wer-, als die Cohäsion der Wand, und da hier an ein Umbiegen, r an den Bruch in einer einzelnen Stelle nicht gedacht werkann, da das Gusseisen nicht biegsam ist, und überdies gleichmässiger Guss vorausgesetzt wird, so muss der Ring zwei Stellen brechen. Der Wasserdruck, der dieses bewirkt, proportional der Sehne des abgebrochenen Stückes vom Ringe, wird also ein Maximum, sobald der Ring diametral zerbricht, h möchte das Herausdrücken eines andern Segmentes ausser-

dem noch eine neue Kraft erfordern. Sonach muss e so gross sein, dass es in jedem einzelnen Ringe den diametralen Bruch, als den am leichtesten erfolgenden, verhindert. Die Cohäsion in beiden Bruchstellen beträgt

$$= 2\, e\, f$$

und der Wasserdruck, dem sie widerstehn soll

$$0{,}45833 \,.\, h\, d$$

daher muss
$$e = 0{,}22917 \,.\, d\, \frac{h}{f}$$

oder mehr als doppelt so gross sein, wie im ersten Falle. Richtet man daher die Röhre so ein, dass der Longitudinalbruch nicht erfolgen kann, so ist eben dadurch schon die Sicherheit gegen den Transversalbruch erreicht.

In Bezug auf den Longitudinalbruch ist noch zu bemerken, dass man hierbei zuweilen auch die Elasticität in Betracht gezogen, und über die dadurch herbeigeführten Aenderungen der Röhre gewisse Voraussetzungen gemacht hat, welche eine geringe Modification des Resultates veranlassen. Man bedarf dieser Voraussetzungen und Modificationen aber nicht, wenn man für f denjenigen Werth wählt, der noch keine merkliche Ausdehnung des Materials hervorbringt; und überdies ist es entbehrlich, in einem Theile der Untersuchung eine grosse Schärfe erreichen zu wollen, während die Constante so wenig sicher ist, dass man ihren Werth eben so gut verdoppeln, wie um die Hälfte vermindern kann. In vorliegendem Falle ist es z. B. ungewiss, ob man

$$f = 70400$$

oder $f = 17600$ setzen soll.*)

Die geringste Wandstärke, die man im Gusse darstellen kann, ist etwa ein Viertel Zoll, und mit dieser würde eine Röhre von 6 Zoll Weite einem Wasserdrucke von 2900 Fuss, von 12 Zoll Weite aber noch einem Drucke von 1450 Fuss Widerstand leisten können, wenn f der Sicherheit wegen auch nur zu 16000 angenommen wird. Die Erfahrung zeigt aber, dass die Röhren diese Festigkeit wirklich nicht besitzen, indem der

*) Vergl. Eytelwein's und Barlow's Versuche: letztere sind beschrieben in den *Transactions of Civil Engineers. I. pag.* 137.

..s nicht überall rein, noch auch gleichmässig genug ausfällt. ..zu kommt, dass eine zufällige Abnutzung immer denkbar ..ibt, und dass nicht der todte Druck des Wassers allein die ..sache des Bruches der Röhren ist, sondern in viel höherem ..ade der Stoss der bewegten Wassersäule beim Schliessen eines ..ntiles, wodurch ein Effect ähnlich dem des Stosshebers her..rgebracht wird. Um die Wandstärke zu beurtheilen, die man .. der neuesten Zeit den Wasserleitungsröhren giebt, bemerke .., dass d'Aubuisson *) bei der oft erwähnten Anlage zu Tou..use die geringste Wandstärke auf 10 Millimeter, oder 4,6 Li..en Rheinländisch feststellte, und dieselbe bis zur lichten Weite ..n $4\frac{1}{2}$ Zoll beibehielt. Betrug die lichte Weite indessen mehr, .. setzte er die Wandstärke gleich drei Hunderttheilen der lich..n Weite + 7 Millimeter ($3\frac{1}{4}$ Linien). Er erwähnt dabei, dass .. im Allgemeinen der Regel gefolgt sei, die Wandstärke im ..etrischen Maasse so anzunehmen, dass

$$e = 0{,}01 + 0{,}015 \;.\; d$$

..so im Rheinländischen Zollmaasse

$$e = 0{,}38 + 0{,}015 \;.\; d$$

..agegen giebt Th. Wicksteed **) an, dass die Röhren, die er in ..ondon verlegen liess (ihre Länge betrug 22 Englische Meilen)

bei 18 Zoll Weite $\frac{3}{4}$ Zoll stark
- 5 - - $\frac{1}{2}$ - -
- 3 - - $\frac{3}{8}$ - -

..ewesen wären. Leitet man hieraus eine ähnliche Formel ab, ..dem man die wahrscheinlichsten Werthe der Constanten auf..ucht, so findet man nach der Reduction auf Rheinl. Zollmaass

$$e = 0{,}41 + 0{,}013 \;.\; d$$

..ei engeren Röhren bleibt man indessen mit der Wandstärke ..och unter dem durch diese Gleichung gegebenen Werthe, und ..berhaupt kann man dieses immer thun, wo die Güte des Eisens ..nd die Sorgfalt beim Giessen mit Sicherheit erwarten lässt, dass ..eine schlechten Stellen in den Röhren vorkommen.

In früherer Zeit hielt man es für unmöglich, die Wand..tärke geringer als zu 1 Zoll anzunehmen, und dabei gab man

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1838. *II. pag.* 299.
**) *Civil Engineer and Architects Journal* 1838. *pag.* 242.

den einzelnen Röhrenstücken nur die Länge von 3 Fuss;
dem die Lieferung der Röhren aber nach dem Gewichte ges
so lag es im Interesse der Hüttenbesitzer, eine Verminde
der Wandstärke als ganz unausführbar darzustellen. Die
currenz allein würde wahrscheinlich nicht sobald eine so
Vervollkommnung des Gusses, wie wirklich eingetreten ist,
zielt haben, wenn man nicht das Interesse der Hüttenbes
hiermit in Verbindung gebracht hätte. Man versuchte näm
in England, die Lieferung von Gussröhren auszubieten,
eine bestimmte Wandstärke, noch ein bestimmtes Gewicht
zustellen; es wurde nur verlangt, dass die Röhren regelmä
geformt und von einer gewissen Weite sein sollten, beson
aber wurde die Bedingung festgesetzt, dass sie auf einen
stimmten Druck, und zwar gemeinhin auf 10 Atmosphären
prüft werden sollten. Die Bezahlung geschah nur nach
Länge des gelieferten Röhrenstranges. Durch dieses Verf
wurden die Hüttenbesitzer in ihrem eignen Interesse dahi
führt, einen recht feinen und dabei fehlerfreien Guss darzust
und da die Concurrenz bald den Preis in demselben Maase
abdrückte, wie das Gewicht der Röhren vermindert wa
hatten die Anlagekosten für gusseiserne Röhrenleitungen
bald auf die Hälfte und den dritten Theil des früheren Be
vermindert, wozu noch kam, dass die Hüttenbesitzer sich
bemühen mussten, die einzelnen Röhrenstücke recht la
machen, denn die Ränder und sonstige Vorrichtungen zur
bindung wurden nicht besonders bezahlt. Die Röhren
hierdurch aber keineswegs an Güte verloren, vielmehr
die Einführung des Verfahrens, dass jedes einzelne Stüc
der hydraulischen Presse geprüft wurde, wesentlich gewo

Die jetzt übliche Methode zum Giessen der Wasserleit
röhren ist folgende: man nimmt starke cylindrische Formk
von etwa 3 Fuss Länge, deren innerer Durchmesser beträc
weiter ist, als der äussere der Röhren sein soll; sie lasse
der Länge nach in zwei Hälften zerlegen, die beim Gebr
fest zusammengekeilt werden. Unten und oben haben sie
stehende Ränder, womit sie auf einander gestellt und be
werden können. Einen dieser Formkasten stellt man auf
feste Unterlage vertical auf, und zwar so, dass durch einen

genau in seine Axe ein polirter metallener Kern herabgelassen werden kann. Der Kern entspricht dem äussern Durchmesser der Röhre. Man lässt den Kern herab, so dass er in einer passenden Vertiefung in der Unterlage aufsteht, es bleibt aber zwischen demselben und der Wand des Formkastens ein freier Raum, den man, nachdem der Kern oben abgesteift ist, mit feuchtem Formsande anfüllt und fest ausstampft. Sobald dieses geschehn ist, zieht man den Kern vorsichtig mittelst des Krahnes heraus und bringt den Formkasten in die Trockenstube; dasselbe geschieht mit den übrigen Formkasten. Um den Gusskern zu bilden, nimmt der Former eine viereckige eiserne Stange von 10 Fuss Länge und windet ein Strohseil darum, alsdann steckt er sie in eine fast eben so lange und von innen polirte Röhre; letztere hat dieselbe Weite, welche man der Röhre geben will. Nun wird eine steife Mischung von Sand, Lehm und Haaren genommen und in diese Röhre eingebracht und dabei immer recht fest angestossen, damit sie das Strohseil durchdringt und sich damit genau verbindet. Man zieht den so gebildeten Kern heraus und bringt ihn wieder in die Trockenstube. Soll endlich der Guss ausgeführt werden, so wird in einer 10 Fuss tiefen Grube im Giesshause einer von den oben beschriebenen Formkasten mit der Sandausfüllung lothrecht aufgestellt, darüber ein zweiter, genau concentrisch mit ihm, und beide werden durch Bolzen und Splinte mit einander verbunden, und endlich stellt man ebenso den dritten darüber. Alsdann setzt man sehr vorsichtig den Gusskern ein. Die eiserne Stange oder die Axe des letzteren findet unten schon eine passende Oeffnung, wodurch ihre Stellung und sonach die des ganzen Gusskerns gesichert ist; oben dagegen kann man letztern leicht concentrisch richten, und nachdem dieses geschehn, schlägt man Lehm darüber, wodurch theils der Kern gehalten, theils aber auch die Eingussöffnung gebildet wird. Bei engeren Röhren trägt man das geschmolzene Eisen in Löffeln bei, bei grössern lässt man es aus den Oefen unmittelbar einfliessen. Wenn endlich der Guss erkaltet ist, so hebt man die Formkasten aus der Grube, löst sie von einander und nimmt sie vollends ab, indem man jeden in seine beiden Hälften zerlegt; ebenso reisst man die eiserne Stange heraus und reinigt die Röhre von aussen und innen von dem noch daran haftenden Sande.

Wenn man die Röhre in allen drei Formkasten ganz gleichmässig gebildet hätte, so könnte es doch nicht fehlen, dass beim Znsammensetzen derselben einige Abweichungen der äussern cylindrischen Fläche eintreten, welche, obwohl an sich wenig nachtheilig, doch sehr bemerkbar wären, und die ein unregelmässiges Ansehn geben würden. Dieses vermeidet man, indem der eiserne polirte Kern, der in jeden Formkasten gestellt wird, oben einen Rand hat, der etwa einen halben Zoll stark und 2 Zoll hoch ist. Auf solche Art bekommt die fertige Röhre in Entfernungen von drei Fuss jedesmal einen Ring von den erwähnten Dimensionen, der Zweck desselben ist aber weniger die Verstärkung der Wand, als vielmehr die Verdeckung kleiner Unregelmässigkeiten. In ähnlicher Art erhält auch der Kern für den obern Formkasten diejenige Ausbauchung, die zur Zusammensetzung der Röhren dient, wovon später die Rede sein wird; um diese aber auch im Innern zu bilden, muss jene Röhre, in welcher man den Gusskern formt, schon auf eine entsprechende Art oben erweitert sein.

Nachdem die Röhren aus der Form genommen und gereinigt sind, pflegt man das untere Ende noch mit einem Hartmeissel zu ebnen, damit hier nicht etwa Unebenheiten bleiben, die bei der Zusammensetzung grosse Oeffnungen bilden, durch welche das Tauwerk, das zum Dichten gebraucht wird, in die Röhre dringen könnte.

Bei der Abnahme verwirft man

1) alle Röhren, welche Risse, Blasen und überhaupt einen unreinen Guss zeigen,
2) die an dem einen oder dem andern Ende eine sehr ungleiche Wandstärke zu erkennen geben; nach Génieys darf man nur einen Spielraum von etwa 1 Linie gestatten.
3) diejenigen, an welchen man nicht einen kreisförmigen, sondern einen elliptischen Querschnitt, entweder in der innern oder der äussern Oberfläche bemerkt, und endlich
4) alle Röhrenstücke, welche bei der Probe mit der hydraulischen Presse entweder springen, oder das Wasser in feinen Strahlen oder auch nur durch merkliches Ausschwitzen entweichen lassen.

Wenn ein gutes Eisen angewendet und der Guss mit der gehörigen Vorsicht in richtig aufgestellten Formen bewirkt ist

ach sonst keine Zufälligkeiten ihn theilweise verdorben haben, ist die Festigkeit der Röhre bei der angegebenen Wandstärke gross, dass der Druck einer Wassersäule von mehreren hunert Fuss Höhe noch lange nicht einen Bruch herbeiführen kann. er Zweck der Probe ist daher nur die Ermittelung der zufällig abei vorgekommenen grösseren Unregelmässigkeiten und der ehr schwachen Stellen. Diese werden aber bei recht starkem rucke sich um so deutlicher zu erkennen geben, und sonach aut man wohl, einen solchen anzuwenden. D'Aubuisson, der bei er Wasserleitung zu Toulouse nur den Druck einer Wassersäule on 30 Meter anwendete, giebt den Rath, denselben auf 100 Meter der 10 Atmosphären zu verstärken; dasselbe empfiehlt Génieys. ie Röhren der New-River Wasserleitung wurden wirklich auf 00 Fuss geprüft und diejenigen, welche Jardine in Edinburg erlegen liess, die einen Druck von mehr als 300 Fuss auszualten haben, sogar auf 800 Fuss. Die Probe lässt sich am equemsten auf der Hütte selbst anstellen und dieses wird von en Lieferanten auch immer gewünscht; dabei bleiben aber alle iejenigen Beschädigungen unbemerkt, die beim Transporte und amentlich beim Auf- und Abladen vorkommen. Es ist sonach icherer, den Lieferungscontract abzuschliessen, dass der Transort mit inbegriffen ist, und auf der Baustelle unmittelbar vor em Verlegen die Prüfung durch die Lieferanten vorgenommen erden muss.

Die Prüfung erfolgt, wie schon erwähnt, mittelst der hydrauschen Presse; dieselbe bedarf hier keiner Beschreibung, wohl ber ist der Apparat, worin die Röhren eingespannt werden, näher u bezeichnen. Fig. 95 *a* zeigt ihn in der Ansicht von der Seite nd Fig. 95 *b* von oben. Auf einem hölzernen Rahmen, der ugleich die hydraulische Presse trägt, ist eine starke gusseiserne latte *A* senkrecht aufgestellt und mit Schraubenbolzen befestigt, urch sie tritt das Druckrohr *D* der hydraulischen Presse hindurch. wei eiserne Zugstangen *BC* greifen gleichfalls durch diese Platte nd werden durch Vorsteckbolzen daran gehalten. Eine zweite ebenso ohe gusseiserne Platte *E* steht ohne weitere Befestigung lose auf dem ahmen und lässt sich hin- und herschieben, indem sie nur durch die eiden Zugstangen *BC* gehalten wird. Hinter der letzten Platte befindet ich ein gusseiserner Riegel *F*, durch welchen die beiden Zugstangen

gleichfalls hindurchgreifen und den sie mittelst Schraubenmuttern halten. In der Mitte dieses Riegels bewegt sich endlich die starke Schraube G, welche die zweite Platte E gegen die erste A presst. Man legt die zu prüfende Röhre auf passende Unterlager H, so dass die Axe der Röhre parallel mit den beiden Zugstangen und zwar in deren Mitte trifft, auch muss sie weder höher noch tiefer als diese liegen. In diesem Falle trifft die Schraube G und das Druckrohr D gleichfalls in die Axe der Röhre. Alsdann dreht man die Schraubenmuttern am Ende der Zugstangen so weit, dass der Riegel F nicht weit von dem Ende der Röhre entfernt ist, legt starke Lederringe oder geflochtene Kränze aus Hanf an beide Enden der Röhren und schiebt die Platten A und E dagegen. Indem man zuletzt noch die Schraube G fest anzieht, so ist die Röhre sicher geschlossen, und wenn sie auch an beiden Enden nicht ganz parallel abgeschnitten sein sollte, so lassen die beiden Platten sich doch weit genug drehn, um einen genauen Schluss hervorzubringen. Nunmehr kommt es darauf an, die Röhre mit Wasser anzufüllen. Wollte man dieses durch die hydraulische Presse thun, so würde jede Probe überaus zeitraubend sein, und überdies hätte man kein Mittel, die Luft zu entfernen. In der Platte E befinden sich zu diesem Zwecke verschiedene Paare von Oeffnungen, die mit Schrauben und vorgelegten Lederringen fest geschlossen werden können. Man öffnet zwei derselben, die noch in die Röhre, jedoch möglichst nahe an ihren obern Rand treffen. In die eine stellt man den gekrümmten Ausguss eines Trichters, durch welchen man Wasser eingiesst, und die andere dient zum Entweichen der Luft. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Füllung vollständiger geschieht, und weniger Luft in der Röhre zurückbleibt, wenn der Rahmen nicht ganz horizontal, sondern etwas geneigt verlegt wird. Kann man kein Wasser mehr hineintreiben, so schliesst man beide Oeffnungen und setzt die hydraulische Presse in Bewegung. Das Sicherheitsventil ist auf den Druck von 10 Atmosphären beschwert, und man pumpt so lange, bis dieses wiederholentlich aufspringt. Wenn die Röhre durch diesen Druck nicht beschädigt wird, noch auch Wasser durchlässt, so ist sie in dieser Beziehung tadelfrei. Am häufigsten pflegen undichte Stellen sich da zu zeigen, wo man zur Sicherung der beabsichtigten Wandstärke den Kern mit dem Formkasten durch

enstangen verbunden hat. Diese Stangen werden beim Giessen
n glühenden Eisen umflossen und verbinden sich meist gut
liessend mit demselben: nichts desto weniger ist die Verschie-
heit der Masse, namentlich wenn die Stange keine reine
erfläche hat, doch häufig Veranlassung, dass daselbst bei der
obe Wasser hindurchdringt oder durchschwitzt. Bei Anwendung
ser Stangen, deren vortretende Enden sowohl von Innen wie
n Aussen abgestemmt werden, tritt übrigens in mehrfacher Be-
hung eine Erleichterung der Fabrikation ein: Man braucht
mlich nicht drei Formkasten über einander zu stellen, sondern
r Guss kann in einem einzelnen gewöhnlichen Formkasten von
höriger Länge erfolgen, auch darf man denselben nicht senk-
cht aufstellen, was meist sehr schwierig ist, sondern man kann
e Röhren auch horizontal giessen, indem die Durchbiegung des
erns in der beschriebenen Weise verhindert wird.

In Betreff der Probe ist noch zu erwähnen, dass wenn man,
e gewöhnlich, eine grosse Anzahl Röhren von gleicher Länge
d Weite untersuchen muss, alsdann der Apparat ohne weitere
nderung benutzt wird, und nur die Schraube G vor dem jedes-
aligen Einlegen einer neuen Röhre gelöst, und später wieder
gestellt wird. Sind dagegen andre Röhren zu prüfen, deren
änge von derjenigen, der zuerst untersuchten merklich verschie-
n ist, so muss man die Schraubenmuttern auf den Zugstangen
eiter vor- oder zurückdrehn, auch wohl die Zugstangen selbst
gen die Platten A soweit verstellen, bis andere passende Löcher
r die Durchsteckbolzen benutzt werden können. Zuweilen stellt
an zur Erleichterung dieser Aenderung die Platte E auf Rollen,
e auf dem Rahmen laufen. Ein wesentlicher Vortheil wird
erdurch indessen nicht erreicht, und es genügt den hölzernen
ahmen auf seiner Oberfläche mit gehörig geebneten und regel-
ässig bearbeiteten Schienen zu beschlagen, auf welchen die er-
ähnte Platte leicht und sicher verschoben werden kann.

Zur Zusammensetzung der gusseisernen Röhren versah
an sonst, wie auch jetzt noch zuweilen geschieht, jedes einzelne
tück an jedem Ende mit einem vorstehenden Rande, worin sich
ach Maassgabe der Weite der Röhre 4 bis 8, auch wohl noch
ehr Löcher befanden, durch die man eben so viele Schrauben-
olzen einzog; Fig. 96 zeigt diese Verbindung. Um aber einen

gehörig wasserdichten Schluss zu bewirken, ist dieser Rand
durch eine Ebene, sondern durch eine flach conische Fläche
grenzt. Eine ringförmige Bleiplatte, an die sich auf jeder S
eine getheerte Tuch- oder Lederscheibe anschliesst, legt man
den Stoss zweier Röhren und zwar innerhalb der Schraubenbol
alsdann wird durch Anziehn der Muttern ein sehr dichter Sch
zunächst der innern Röhrenwand bewirkt, ohne dass die äus
Ränder mit einander in unmittelbare Berührung kommen. So
die auf solche Art dargestellte Verbindung auch immer ist,
wie sehr sie sich auch zur Zusammensetzung von Maschin
theilen eignet, so ist sie für einen längeren Röhrenstrang,
man gern einige Biegsamkeit giebt, nicht passend. Ausser
kann man hierbei die Wandstärke nicht in der Art vermind
wie dieses oben angegeben ist, weil sonst zwischen ihr und
Rande (der eine grössere Stärke erhalten muss) wegen der
gleichförmigen Erkaltung leicht ein Bruch erfolgt. Endlich
die Verbindung wegen der vielen Schraubenbolzen auch
kostbar, und dieses um so mehr, als die einzelnen Röhrenstü
wenn sie in dieser Art und in der grösseren Wandstärke gego
werden, gemeinhin nur 3 Fuss lang sind.

In neuerer Zeit ist man daher von dieser Form abgega
und giebt dafür jeder Röhre an einer Seite einen weiten Hal
welchen das Ende der folgenden Röhre eingreift, wie Fig
zeigt. Auf solche Art fassen die Röhren 4 bis 6 Zoll ineina
und der freie Zwischenraum, dessen Weite etwa der Wandst
der Röhre gleichkommt, wird zur halben Länge mit aufgeloc
tem Tauwerk angefüllt und ausgestampft. Nachdem dieses
schehn, wird die Mündung der Fuge mit Lehm geschlossen
der freie Raum mit Blei ausgegossen. Endlich schlägt man
einem passenden Eisen in den Bleiring eine Furche, um
letzteren sowohl an die innere, als an die äussere Röhren
anzutreiben und ihm dadurch die nöthige Wasserdichtigkei
geben. Dieser Schluss gewährt den Vortheil, dass der Röh
strang etwas Biegsamkeit behält und sich bei Temperatu
änderungen auch ein wenig ausziehn kann.

Eine andre Methode zur Dichtung der Fuge in dem e
terten Halse besteht darin, dass man Eisenkitt, wie solcher
Zusammensetzung von gusseisernen Maschinentheilen benutzt

einstreicht. Der gute Schluss, den dieser Kitt hervorbringt, ruht darauf, dass die blanken Eisenfeilspäne, woraus er grossentheils besteht, durch den Zusatz von Säuren und Wasser schnell oxydiren und sich dabei ausdehnen. Die gewöhnliche Zusammensetzung dieses Kitts ist folgende: man reibt 2 Unzen salzsaures Ammoniak (Salmiak), 1 Unze Schwefelblumen und 16 Unzen Feilspähne oder Bohrspähne von Gusseisen in einem Mörser gut durcheinander. Bis zum Gebrauche darf keine Feuchtigkeit hinzutreten. Will man aber den Kitt bereiten, so nimmt man 1 Unze von diesem Gemenge, vermischt es mit 20 Unzen blanken Feil- oder Bohrspänen von Gusseisen, reibt beides wieder in einem Mörser durcheinander und rührt so viel Wasser hinzu, dass sich ein dicker Brei bildet. Den fertigen Kitt muss man schnell verbrauchen. Wenn er in die Fugen gestrichen wird, so füllt er sie beim Erhärten sehr dicht aus, und verbindet die beiden Röhrenstücke so fest, als wenn sie zusammengegossen wären.*) Es ist natürlich, dass bei dieser Verbindungsart der Vortheil einer geringen Biegsamkeit, welchen die Anwendung des Bleies gewährte, verschwindet.

Endlich kann man solche Röhren, die am Ende ineinander greifen, auch durch hölzerne Keile dichten**), und diese Verbindung gewährt nicht nur den eben erwähnten Vorzug der ersten Methode, sondern sie ist auch mit einer ansehnlichen Kostenersparung verbunden. Die Wasserleitungen zu Norwich waren seit 40 und die zu New Castle upon Tyne seit 50 Jahren auf diese Art zusammengesetzt, als Wicksteed ums Jahr 1830 dasselbe Verfahren auch bei der East-London Wasserleitung in Anwendung bringen wollte. Dass es wohlfeiler war, litt keinen Zweifel, und über die Dauer und den dichten Schluss der Verbindungsart gaben die bereits gemachten Erfahrungen volle Sicherheit. Es blieb nur zweifelhaft, ob bei dem starken Drucke von 100 Fuss oder darüber die Keile herausgetrieben werden möchten, was von vielen besorgt wurde. Ein deshalb angestellter Versuch, wobei Röhren von 18, 5 und 3 Zoll Weite auf diese Art verbunden

*) *The Engineer's and mechanic's Encyclopedia.* London 1836. *Vol. I. p.* 334.

**) *The Civil Engineer's and Architect's Journal. Vol. I. p.* 242.

wurden, zeigte indessen den Ungrund einer solchen Besorgniss; der Druck wurde jedesmal bis zu 733 Fuss Englisch oder 712 Fuss Rheinländisch gesteigert, und kein Keil sprang heraus und überhaupt zeigte sich keine Undichtigkeit. Hierauf genehmigte die Gesellschaft den Vorschlag, und die sämmtlichen Leitungsröhren, die im Ganzen 22 engl. Meilen lang waren, wurden in dieser Art verbunden. Die Verbindung zeigte sich als sehr dauerhaft und die Reparaturen waren geringer, als beim Blei oder beim Eisenkitt. Nach der Vergleichung, die Wicksteed mittheilt, ist das Verhältniss der Kosten der drei Verbindungsarten, nämlich mit Blei, mit Eisenkitt und mit Holzkeilen durchschnittlich wie 3 zu 2 zu 1. Bei weiten Röhren ist der Vortheil der letzten Art noch bedeutender, bei engen aber wegen der schwierigeren Arbeit merklich geringer, doch auch bei den 3 Zoll weiten Röhren erspart man gegen Blei noch die Hälfte.

Das Verfahren bei der Anfertigung und Einbringung der Holzkeile ist folgendes: man schneidet Kiefernstämme *(Danzig fir)* in 9 Zoll lange Klötze und spaltet sie mit der Axt in Stücke von etwa 2 Zoll Breite und ¾ Zoll Stärke, sie werden auf der Schneidebank mit einem Schneidemesser, das die Rundung der innern Röhre hat, auf der einen Seite concav cylindrisch geformt, auf der äussern Seite aber mit einem flacheren Schneidemesser durch kegelförmige Flächen nach beiden Enden zugeschärft. Fig. 98 stellt diese Doppelkeile in der vordern Ansicht und im Längen- und Querdurchschnitte dar. Alsdann sägt man sie in der Mitte auseinander, so dass jedes Stück zwei Keile giebt. Sie sind alsdann zum Gebrauche fertig, man stellt sie im Kreise in die zu schliessende Fuge, und wenn sie nicht den ganzen Raum füllen, so spaltet man von einem Keile so viel ab, bis er sich an die beiden nächsten anschliesst. Nunmehr hält der Arbeiter ein passendes Holz darüber und schlägt mit dem Hammer immer im Kreise herum, so dass alle Keile gleichmässig eindringen. Ist er nicht im Stande sie ganz hineinzubringen, so wird der noch vorstehende Theil abgeschnitten. Am Schlusse jedes Tagewerkes füllt man den frischgelegten Theil mit Wasser und setzt ihn demjenigen Wasserdrucke aus, den er später erleiden kann; am leichtesten ist es also, dass man das Ende der letzten Röhre verstopft und das Wasser aus dem Speisebassin hineintreten lässt.

an untersucht dabei sorgfältig jede Fuge, und wenn eine der-
lben nicht dicht ist, so wird sie gezeichnet, um in dieselbe
äter feine Keile einzutreiben, die Fig. 99 darstellt.

Wenn die Röhren so mit einander verbunden sind, dass
mer eine in das erweiterte Ende der andern eingreift (Fig. 97),
tritt der Uebelstand ein, dass man eine einzelne schadhafte
öhre nicht herausnehmen und auswechseln kann, denn wenn man
ch den Kitt oder das Blei oder Holz aus beiden nächsten
össen herausbringt, so ist man doch immer noch nicht im Stande,
e einzelne Röhre auszuheben. Diesem Uebelstande würde schon
egegnet, wenn man jede Röhre nicht bis ans Ende, sondern nur
s zur Mitte des erweiterten Halses reichen liesse; alsdann könnte
an nämlich, sobald die Verbindung gelöst ist, jede Röhre so
eit nach einer Seite schieben, dass sie auf der andern frei würde.
ieses Mittel ist indessen nicht üblich, vielmehr legt man in Ab-
änden von 100 bis 300 Fuss einzelne Röhren, die mit keinem
alse versehn sind, auf welche ein gusseiserner Ring geschoben
t, dessen Länge der doppelten Länge des gewöhnlichen Halses
leichkommt. Dieser Ring oder diese Muffe wird, wie Fig. 100
igt, über denjenigen Stoss geschoben, wo der Hals fehlt, und
an bringt von beiden Seiten dieselbe Dichtung an, wie in den
ndern Stössen. Wird es nöthig, eine Röhre auszuwechseln, so
uss man bis zur nächsten Stelle, wo ein solcher Ring sich be-
ndet, die Röhren aufnehmen, doch zieht man es gemeinhin vor,
ie schadhafte Röhre zu zerschlagen, und dafür eine andre ohne
rweiterten Hals einzusetzen, und diese mittelst der Muffe mit der
ächsten zu verbinden.

Bei gusseisernen Röhren lassen sich Abzweigungen unter
dem beliebigen Winkel sehr sicher anbringen, wenn man die
assenden Wechselstücke, deren eines Fig. 101 Taf. X. im Durch-
chnitte zeigt, besonders hat giessen lassen. Man pflegt solchen
tücken indessen gewöhnlich keine grosse Länge zu geben, weil
r Guss dadurch zu schwierig werden würde. Ebenso werden
ie Röhrenstücke, welche eine Krümmung bilden sollen, beson-
ers gegossen, und wenn man diesen eine mässige Länge giebt,
o kann man daraus jede beliebige Biegung zusammensetzen.
D'Aubuisson gab den einzelnen Stücken die Länge von 3 Fuss,
nd die Krümmung, die jedes derselben machte, entsprach einem

Winkel von 15 Graden, oder ihr Krümmungshalbmesser beträgt etwa $11\frac{1}{2}$ Fuss. Der Einfluss dieser Krümmung auf die Bewegung des Wassers war unmerklich, und man konnte durch Zusammensetzung mehrerer solcher Stücke jede beliebige Aenderung in der Richtung hervorbringen.

Ueber die Verbindung der gusseisernen Röhren mit hölzernen ist schon früher die Rede gewesen. Die Verbindung mit bleiernen Röhren stellt Fig. 102 dar. Man erweitert die Bleiröhre an einem Ende, so dass sie eine Art von Rand erhält und zieht einen starken Ring aus Schmiedeeisen darüber, der gegen den Rand der gusseisernen Röhre mit Schraubenbolzen befestigt wird. Diese Verbindungsart kommt in Paris häufig vor, indem bei kleineren Leitungen die Krümmungen gewöhnlich durch Bleiröhren gebildet werden. Will man aber schwache Bleiröhren von den gusseisernen abzweigen, wie häufig der Fall ist, so wählt man die Verbindungsart, die Fig. 103 *a* in der Seitenansicht und Fig. 103 *b* im Querschnitte gezeichnet ist. Am Ende der Bleiröhre wird ein breiter Rand, der gleichfalls aus Blei besteht, angelöthet, man versieht denselben unten mit dem getheerten Lederringe und legt ihn um die Seitenöffnung der gusseisernen Röhre. Alsdann wird die Hälfte einer ringförmigen Zwinge aus Schmiedeeisen mit der darin angebrachten Oeffnung auf die Bleiröhre gezogen, und sobald man die Schrauben, welche sie mit der untern Hälfte verbinden, anzieht, so presst sich jener Bleirand genau schliessend an den äussern Umfang der gusseisernen Röhre.

Unter den Nebentheilen einer eisernen Röhrenleitung müssen zunächst die Hähne erwähnt werden. Fig. 104 *a* und *b* zeigt einen solchen in der Seitenansicht und im Durchschnitte. An die Röhre ist ein Kegel, der sie senkrecht durchschneidet, angegossen, und in diesem Kegel befindet sich der gleichfalls kegelförmig gestaltete Hahn. Letzterer besteht gewöhnlich aus Gusseisen, und ist mit einer cylindrischen Oeffnung versehn, die der Weite der Röhre gleichkommt, so dass gar keine Verengung des Querschnittes erfolgt, sobald der Hahn ganz geöffnet ist. Dass der Hahn und ebenso auch die conische Oeffnung genau abgedreht und abgeschliffen sein müssen, darf kaum erwähnt werden, der mittlere Durchmesser des Hahns muss sich aber zur lichten Weite der Röhre mindestens wie 5 : 3 verhalten, weil sonst ein sicherer

schluss nicht mehr erfolgen kann. Endlich ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass der Kegel, zu dem die äussere Fläche des Hahns gehört, nicht zu spitz, auch nicht zu stumpf sein darf, denn im ersten Falle erfolgt ein starkes Klemmen, wodurch die Bewegung sehr erschwert wird, und im letzten erlangt man keinen dichten Schluss. Man wählt gemeinhin das Verhältniss einer Kegelform, wobei der Durchmesser der Grundfläche dem siebenten bis fünften Theile der Höhe gleichkommt. Um das Heben des Hahns zu verhindern, ist derselbe unten mit einer Scheibe versehn, die entweder, wie hier gezeichnet, durch einen Keil gehalten wird, oder dieses geschieht mittelst einer oder mehrerer Schrauben; die erwähnte Scheibe darf indessen die untere Fläche des Hahns nicht unmittelbar berühren, damit sie, wenn es nöthig ist, schärfer angezogen werden kann, auch muss sie so befestigt sein, dass sie sich mit dem Hahne zugleich dreht, weil sie sich sonst lösen würde. Der untere Zapfen des Hahns ist daher viereckig. Die Drehung wird dem Hahne auf die einfachste Weise mittelst eines eisernen Hebels ertheilt.

Wie unentbehrlich diese Hähne bei Wasserleitungen auch sind, so kann man sie doch nur bei engeren Röhren in Anwendung bringen, weil die Reibung sonst zu bedeutend wird. Schon bei sechs Zoll weiten Röhren kommen sie selten vor und sind alsdann schwer zu bewegen. Bei der Wasserleitung in Toulouse benutzte man sie nur bei Röhren, die weniger als 4½ Zoll im Durchmesser hielten. Girard brachte dagegen bei den Leitungen in Paris, die durch den Ourcq-Canal gespeist werden, die Aenderung an, dass er auf den obern Zapfen des Hahns ein gezahntes Rad befestigte, welches durch zwei einander gegenüberstehende Getriebe mittelst Curbeln bewegt wird. Insofern diese beiden Curbeln gleichmässig angezogen werden, so verursachen sie keinen vermehrten Druck gegen die Seitenfläche des Hahns und sonach auch nicht die Reibung, welche durch eine einzelne Curbel hervorgebracht werden würde. Ausserdem brachte Girard sowohl über, als unter dem Hahne und zwar in der Axe desselben noch Schrauben an, mittelst deren der Hahn gehoben oder gesenkt und dadurch so gestellt werden konnte, dass er, ohne zu stark zu klemmen, doch gehörig schloss. Endlich war der Hahn, der aus Glockenmetall bestand, hohl gegossen. Auf diese Art wendete

Girard die Hähne noch bei Röhren an, die beinahe 10 Zoll Durchmesser hielten.

Bei weitern Röhren ist indessen der Hahn nicht mehr zuwenden, und unter den Vorrichtungen, die man alsdann w um den Durchfluss zu sperren, ist besonders das Schie ventil zu erwähnen, welches Fig. 105 *a*, *b* und *c* in der Sei ansicht und im Längen- und Querdurchschnitte zeigt. Zur klärung dieser Figuren darf nur erwähnt werden, dass die wegung durch eine Schraube erfolgt, deren Kopf durch Stopfbüchse geht, die also neben sich kein Wasser durchflie lässt. Sie fasst nicht unmittelbar den umgebogenen Rand Schiebers, sondern eine in denselben lose eingesetzte Mutter, durch diese etwas Spielraum erhält, und weniger leicht ein K men eintritt, wenn auch die Stopfbüchse scharf angezogen

Das Schiebeventil selbst besteht häufig aus Messing Glockenmetall, oder es ist ein solcher Ring darauf gesetzt, wenn es ganz geschlossen ist, auf einem gleichen Ringe i Verlängerung der Röhrenwand genau schliessend aufliegt sonach den Durchfluss des Wassers vollständig sperrt. In rer Zeit pflegt man indessen die Anwendung des Messings Glockenmetalls zu vermeiden, weil dadurch die Oxydatio fördert wird, und stellt den ganzen Apparat aus Schmiede- Gusseisen dar, wodurch er zugleich wohlfeiler wird. No zu bemerken, dass das Ventil nur schliessen kann, wen Wasserdruck in der durch den Pfeil angedeuteten Ric (Fig. 105 *b*) wirkt.

Zuweilen ist es nöthig, das Zurückfliessen des Wa durch besondere Vorrichtungen zu verhindern; so z. B. dieses der Fall, wenn man abwechselnd aus demselben R voir, oder durch dieselbe Maschine zwei Leitungen sp wollte, von denen die eine viel höher liegt, als die andre jene daher in diese sich entleeren würde. Man bringt al das Fig. 106 *a* und *b* in der Seitenansicht und im Durchsc dargestellte Ventil an, dessen Einrichtung sich aus der vollständig ergiebt.

Eine besondere Erwähnung verdient endlich noch di wie man die Mündung einer Röhrenleitung öffnet oder schl Dabei können Kegel- oder Klappenventile gebraucht we

e sich mittelst einer einfachen Vorrichtung von oben aus be-
egen lassen. Bei der Speisung der Pariser Wasserleitung
s dem Ourcq-Canal benutzte Girard hierzu kupferne Röhren,
e unten das Kegelventil bildeten. Die Figuren 107 *a* und *b*
igen sie im Längendurchschnitte und in der Ansicht von oben.
eben Stück gekrümmte gusseiserne Röhren von 10 Zoll Durch-
esser schöpfen das Wasser in der Tiefe von 5 Fuss unter
m gewöhnlichen Wasserspiegel des Bassins la Villette. Ihre
ündungen sind conisch und zwar nach der Form des contrahir-
n Strahles ausgeschliffen. Senkrecht über ihnen schweben eben
viele Röhren aus Kupferblech, jede von 6½ Fuss Länge *),
e man an eisernen Hebeln heben und senken kann; damit
ese Röhren aber immer in der Achse der Einflussmündung
eiben, so sind die Ketten, an welchen sie hängen, um eiserne
ogen am vordern Ende der Hebel geschlungen. Jede Röhre
t endlich durch drei eiserne Ringe im Innern verstärkt und
at unten einen starken messingenen Ring, der genau an die
ufwärts gerichtete Mündung des Schöpfrohres sich anschliesst.
urch diese Vorrichtung erreicht man noch den Vortheil, dass
eim schnellen Schlusse die Wassermenge, die in der Röhre
ich bewegt, nicht plötzlich zur Ruhe kommt, wobei die Gefahr
ines heftigen Stosses, wie bei einem Stossheber, eintreten würde.
ie messingene Röhre ist nämlich oben offen, und sobald sie
en Zutritt des Wassers sperrt, so schöpft sie noch Luft und
as Wasser in der Leitung kann, ohne dass ein plötzlicher
toss erfolgt, so lange fliessen, bis es beim abnehmenden Drucke
ur Ruhe kommt oder sich rückwärts bewegt.

Auch in gusseisernen Wasserleitungen dürfen Luftspunde
icht fehlen, bei der grössern Vorsicht im Verlegen der Röhren
nd Auffangen des Wassers befinden sie sich hier aber gemein-
in in grössern Abständen, als für die hölzernen Röhren ange-
eben ist. Wo die Localität es erlaubt, kann eine dünne Blei-
öhre, die bis über das Niveau des Speisebassins heraufreicht,
ls Luftrohr dienen. Ein solches bedarf keiner weitern Beauf-
ichtigung, doch findet sich zur Anbringung desselben nur selten

*) Die Figur ist, um die einzelnen Theile noch deutlich darzu-
stellen, etwas verkürzt.

Gelegenheit. Am häufigsten wird eine kurze, aufwärts ge
tete Zweigröhre von Gusseisen angebracht, deren oberes E
durch einen Hahn geschlossen ist. Beim Anlassen der Rö
und auch zuweilen während des Betriebes öffnet man d
Hahn, schliesst ihn aber, sobald Wasser ausströmt. Man k
statt des Hahns auch ein Kegelventil anbringen, das geme
in diesem Falle sich nach unten öffnet und an einem he
ragenden Stiele herabgedrückt wird. Zuweilen hat man
die Ventile mit Schwimmern verbunden, die so eingerichtet
dass sie sich nach Bedürfniss von selbst öffnen und schlie
Fig. 108 zeigt ein solches, wie es in Edinburg ausgeführ
und zwar ist *a* die Seitenansicht und *b* der Querschnitt.
Ventil ist hier geöffnet dargestellt. Sein Stiel wird theils
die Oeffnung im Boden der messingenen Büchse, wori
Ventilöffnung sich befindet, und theils unter dem Schwi
durch einen Ring gehalten, welcher durch drei Arme sich
telst Schrauben so stellen lässt, dass das Ventil genau die
nung schliesst. Wenn die Röhre leer ist, ruht der Schwi
auf dem erwähnten Ringe und beim Eintreten des Wassers
die Luft durch die Ventilöffnung einen freien Ausgang. S
aber das Wasser die Leitungsröhre gefüllt hat und in die
rechte Ansatzröhre steigt, so hebt es den Schwimmer un
ihm das Ventil. Letzteres wird also von selbst geschl
sobald der starke Wasserdruck zu wirken anfängt. Aber
die Luft, welche während des Betriebes der Leitung sic
Cylinder sammelt, giebt Veranlassung, dass der Schwimmer
mehr getragen wird, und indem er herabfällt, öffnet sic
Ventil so lange, bis das Wasser wieder in die Röhre
Diese letzte Art ihrer Wirksamkeit erfolgt indessen nicht,
bald der Wasserdruck so gross ist, dass die Spannung de
unter dem Ventile dasselbe trägt. Es kommt auch noc
Uebelstand hinzu, dass solche Ventile sich oft fest ansa
Man muss sie daher von Zeit zu Zeit herabstossen, inde
aber auf diese Art sich nicht selbst überlassen bleiben d
so wendet man in der neuesten Zeit statt ihrer gewöhnlic
so eben beschriebenen Hähne an.

In den tiefsten Stellen der Leitungen, oder wo man
ein starkes Absetzen von Sand oder Schlamm besorgt, l

man in den untern Flächen der Leitungsröhren kurze, aber recht weite Abzweigungen an, die wieder mit Hähnen geschlossen sind; durch diese werden die Niederschläge sicher und leicht entfernt, man muss jedoch dafür sorgen, dass das herausstürzende Wasser auch freien Abfluss findet.

Um zu verhindern, dass die Röhre beim schnellen Schliessen eines Hahns oder einer Klappe nicht einen gar zu heftigen Stoss erleidet, sind Luftventile, die sich von selbst öffnen, von grossem Nutzen. Oberhalb der Stelle aber, wo die Sperrung erfolgt, muss ein gehörig beschwertes Sicherheitsventil eingerichtet sein, das nach aussen aufschlägt. Das sicherste Mittel, um solche Stösse zu vermeiden, ist die Vorsicht, dass man die Hähne oder ähnliche Vorrichtungen nur langsam schliesst. Bei den Schiebeventilen (Fig. 105) verhindert schon die Anwendung der Schraube eine zu schnelle Bewegung, woher dieselben auch in dieser Beziehung sehr empfehlenswerth sind.

Wenn die gusseisernen Röhren mittelst vorstehender Ränder mit einander verbunden sind (Fig. 96), oder wenn sie in die erweiterten Hälse eingreifen (Fig. 97) und durch Eisenkitt gedichtet werden, so bilden sie einen festen Strang, der eine Verlängerung oder Verkürzung nicht gestattet. Sind die Enden einer solchen Leitung, wie gewöhnlich geschieht, eingemauert, so werden bei einer starken Temperaturveränderung die Röhren in den Befestigungspunkten lose, auch leidet dabei die Mauer, oder die Röhren reissen oder werden wenigstens undicht. Veranlassung hiervon ist die Ausdehnung oder Verkürzung des Röhrenstranges durch Wärme oder Kälte. Nach Tretgold's Beobachtungen dehnt sich das Gusseisen bei der Erwärmung vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers um 0,00111 seiner Länge aus, dagegen hat Girard die Ausdehnung durch Beobachtung der Compensationsstücke in den Wasserleitungen zu Paris um den neunten Theil geringer gefunden. *) Hiernach würde eine Temperaturerhöhung um 16 Grade Réaumur, die man im Wasser des Ourcq-Canals bei Paris wirklich beobachtet hat, den Röhrenstrang beinahe um den sechstausendsten Theil verlängern, oder eine Röhre von einer Viertelmeile Länge würde

*) *Journal du Génie Civil.* 1831.

sich ungefähr um einen Fuss ausdehnen. Um hierzu die Gelegenheit zu geben, hat man besondere Compensationsstücke in den Leitungen angebracht, die sich verlängern und verkürzen können. Eine ältere Methode zu ihrer Darstellung bestand darin, dass ein gusseiserner Reif von viel grösserm Durchmesser als die Leitungsröhren zwischen zwei der letztern concentrisch gestellt und durch zwei dünne kreisförmige Kupferscheiben mit diesen verbunden wurde. Es bildete sich auf solche Art in der Röhrenleitung ein kurzer, aber weiter und hohler Cylinder, dessen beide Grundflächen nicht steif, sondern biegsam waren, und indem an diese die nächsten Röhren befestigt wurden, so bauchten die Grundflächen etwas aus, oder drückten sich ein, ohne dass dadurch ein Bruch oder eine Undichtigkeit entstand. Diese Vorrichtungen scheinen jedoch nicht die nöthige Solidität besessen zu haben, wesshalb man statt ihrer bald andre einführte. Am gewöhnlichsten ist die Fig. 109 *a* und *b* in der Seitenansicht und im Durchschnitte dargestellte Compensation. Es kann nämlich die Röhre *A* sich in die Röhre *B* weiter hinein- oder aus derselben herausschieben, und damit sie in jeder Stellung gehörig geschlossen ist, so bewegt sie sich in einer Stopfbüchse. Sie ist deshalb in der äussern Fläche abgedreht und polirt und wird von einem ringförmigen Polster fest umschlossen; das letzte liegt aber im Halse der Röhre *B* und lehnt sich gegen den Ring *C*. Sobald das Polster nicht mehr schliesst, und das Wasser neben demselben zu entweichen anfängt, so kann man mittelst der sechs oder acht Schraubenbolzen, welche durch den vorstehenden Rand der Röhre *B* und den Ring *C* gezogen sind, diese näher zusammenbringen und dadurch das Polster schärfer anpressen. Diese Vorrichtung ist jedoch nur da anwendbar, wo die Röhre zugänglich ist, also wo sie frei in einer Gallerie liegt, was gewöhnlich nicht der Fall ist. Bei den Wasserleitungen in Paris brachte man solche Compensationen alle 100 Meter oder in 318 Fuss Entfernung von einander an, auch in England sind sie vielfach gebraucht; man entbehrt sie jedoch, wenn die Fugen zwischen den einzelnen Röhren mit Blei ausgegossen, oder mit Holzkeilen gedichtet sind. Wenn es hierbei auch immer nicht vermieden wird, dass durch das wiederholte Ausziehn sich nach und nach Lecke bilden, so ist

die Gefahr doch nicht so gross, wie bei der ganz steifen Verbindung der Röhren. Man hat auch mehrfach versucht, elastische Kitte anzuwenden, um jeden nachtheiligen Einfluss der Temperaturveränderung zu vermeiden.

Was das Verlegen der gusseisernen Röhren betrifft, so treten hier dieselben Rücksichten ein, welche bereits bei Gelegenheit der hölzernen Röhren erwähnt sind. Am vortheilhaftesten ist es, wenn sie in unterirdischen Gallerien liegen, wie dieses bei grösseren Leitungen gewöhnlich geschieht. Fig. 110 c zeigt den Querschnitt der Gallerie, worin in Paris die Leitungsröhren von der Anhöhe am nördlichen Rande der Stadt nach dem tieferen Theile, zunächst der Seine herabsteigen. Die Röhren liegen theils auf hölzernen und theils auf steinernen Unterlagen, die im Mittel 4 Fuss von einander entfernt sind, und man hat sonach Gelegenheit, sie von allen Seiten zu untersuchen, und wo es nöthig ist, die Fugen zu dichten und sonstige Reparaturen vorzunehmen. In andern Fällen werden die Röhren in der Gallerie durch gusseiserne Stühle getragen.

Die Kosten für solche Gallerien sind indessen so bedeutend, dass man nur selten, und jedesmal nur für die Hauptleitungsröhren, sich zu ihrer Anlage entschliesst. Will man sie vermeiden, so kann man die Röhren entweder unmittelbar in dem Boden, oder noch in andern kleineren bedeckten Gängen verlegen. In Paris hielt man früher das Vorhandensein der vielen überwölbten Abzugsrinnen *(égouts)*, die so geräumig sind, dass ein Mann noch gebückt durchgehn kann, in dieser Beziehung für einen grossen Gewinn und brachte darin steinerne Consolen an, auf welche man die Wasserröhren legte. Der Erfolg war jedoch keineswegs befriedigend, denn die Untersuchung der Röhren war wegen der ungesunden Luft und des Schmutzes in diesen Abzugsrinnen viel schwieriger, als da, wo die Röhren unmittelbar unter dem Strassenpflaster lagen, und ausserdem konnte man bei jeder vorzunehmenden Reparatur und beim Gebrauche der Luftspunde und Hähne nicht vorsichtig genug sein, um eine Verunreinigung des Wassers zu verhindern.

Demnächst hat man auch die Röhren, um sie vor den Stössen des darüber gehenden Fuhrwerkes zu sichern, in kleine gemauerte Canäle gelegt, die nur den nöthigen Raum für die

Röhren haben, und mit Steinplatten bedeckt sind. Hier z
sich indessen wieder die grosse Unbequemlichkeit, dass m
sobald ein Wasserverlust eintritt, nicht weiss, wo man
schadhafte Stelle suchen soll, indem das ausfliessende Wa
den Canal verfolgt und oft erst in grosser Entfernung von
zersprungenen Röhre oder der undichten Fuge zum Vorsch
kommt. So zeigten sich in einem solchen Falle in der Stra
Bondy in Paris die Quellen in einer Entfernung von fast
Fuss von der schadhaften Stelle, und man war daher gezw
gen, auf eine grosse Länge das Pflaster vergeblich aufzureis
und nachzugraben. Anders verhält es sich, wenn die Röh
unmittelbar in dem Erdboden vergraben und überschüttet s
Die schadhafte Stelle giebt sich alsdann sogleich durch das E
sinken des Pflasters zu erkennen und die Gefahr wegen
Erschütterungen verschwindet bei einem sorgfältigen Verle
der Röhren und bei Anwendung einer von denjenigen Zus
mensetzungsarten, die dem Röhrenstrange etwas Biegsam
lassen. Nur an den Stellen, wo besonders grosse Lasten
über gefahren, oder darauf geworfen und geschoben wer
wie vor den Werkstätten der Steinhauer, bemerkt man häu
Beschädigungen. Will man die Röhren auf die letzterwäh
Art verlegen, so gräbt man etwa 3 Fuss tief den Boden
stampft ihn recht fest an, beschüttet die Röhre mit E
und stampft auch diese sorgfältig an, ehe das Pflaster au
bracht wird.

Zuweilen ereignet es sich, dass man die Leitungsröh
von dem einen Ufer eines Flusses nach dem andern hinüb
führen muss; bei kleinen und seichten Flussbetten und eben
wenn massive Brücken vorhanden sind, zeigen sich hierbei k
grossen Schwierigkeiten, aber sehr bedeutend werden diese
andern Fällen. Man hat in England in neuerer Zeit zu die
Zwecke flexible Röhrenstränge angewendet, die d
Charniere in ihren einzelnen Theilen mit einander verbun
sind, und daher, ohne dass man das Flussbette trocken zu le
braucht, in demselben versenkt werden. Der erste Versuch
ser Art wurde bei den Wasserleitungen zu Glasgow gema
wo die Speisequellen sich am linken Ufer der Clyde befin
während der grösste Theil der Stadt auf dem rechten Ufer li

James Watt legte im Jahre 1810 den biegsamen Röhrenstrang, den Fig. 111 Taf. XI darstellt, quer durch die Clyde. Die Leitung hatte eine Weite von 15 Zoll, die Röhren waren theils auf gewöhnliche Art mit einander verbunden, und wo dieses der Fall war, durch steife hölzerne Rahmen unterstützt; die Biegungen oder Charniere waren dagegen ähnlich der zum Aufstellen der gewöhnlichen Messinstrumente üblichen Nuss, durch Kugelsegmente gebildet, die sich in einander bewegen konnten; in der äussern Kugelschale befand sich ein Ring von Werg, der wie bei der Stopfbüchse durch einen Deckel angedrückt werden konnte. Derjenige Durchmesser der Kugel, um welchen die Drehung erfolgt, ist zugleich die Axe des Charniers, das beide zunächst liegenden hölzernen Rahmen mit einander verbindet. Um zufälligen Beschädigungen vorzubeugen, war jedes Gelenk mit wasserdichter Leinwand lose umwunden, und der ganze Strang wurde noch dadurch gesichert, dass man ihn nicht auf das natürliche Flussbette legte, sondern zuvor eine Rinne quer durch den Fluss ausbaggerte, hierin die Leitung versenkte und den Raum darüber mit Kies beschüttete. Die Versenkung geschah, um ein scharfes Biegen zu verhindern, möglichst gleichmässig von Flössen aus, und man hatte nach Ausweis der Figur darauf Rücksicht genommen, ungefähr einen gleichen Druck im Innern, wie im Flusse darzustellen, wodurch die Veranlassung zu einem starken Durchquellen vermieden wurde. Fig. 112 zeigt diese Construction im Detail, nämlich Fig. 112 *a* in der Seitenansicht, *b* im Längendurchschnitte und *c* in der Ansicht von oben. *) Wegen der grösseren Ausdehnung der Wasserleitungen in Glasgow wurde 1828 eine zweite Röhre von 28 Zoll Durchmesser und später noch eine dritte von 36 Zoll versenkt. Auch an andern Orten hat man in der Folge ähnliche Leitungen angelegt; so liess die Middlesex-Wasserleitungsgesellschaft oberhalb London eine 3 Fuss weite Röhrenleitung durch die Themse legen; sie bestand aus 68 einzelnen Röhren von 9 Fuss Länge, die sämmtlich durch Kugelflächen mit einander verbunden waren. Es ist interessant, dass der Ingénieur, nachdem die Leitung

*) Matthews *hydraulia pag.* 149. und *Civil engineer and architect's Journal* 1839. *pag.* 451.

gelegt war, hindurchkroch, woraus man ersieht, dass ungea[cht] des verschiedenen Wasserdruckes dennoch ein guter Schlu[ss] [in] den Fugen stattfand.

Endlich muss noch der Oxydation der gusseisernen W[as]serleitungsröhren Erwähnung geschehn, worauf vor meh[reren] Jahren die Aufmerksamkeit der Hydrotekten auf eine höchst] unruhigende Weise gerichtet wurde. Im Anfange des J[ahres] 1826 war nämlich in Grenoble eine Leitung angelegt w[orden,] die Anfangs 1431 Liter, im Jahre 1833 aber nur noch 680 [Liter] gab. Der Grund von dieser sehr bedeutenden Vermind[erung] der Ergiebigkeit sollte in einer Verengung der Röhre li[egen,] indem grosse Massen Eisenrost sich ziemlich unregelmäss[ig an] der innern Wand abgesetzt hatten. Eine Commission unter[suchte] die nähern Umstände dieser ganz unerwarteten und, wie es s[cheint] sonst nirgend wahrgenommenen Erscheinung. Aus dem [von] dem 22. Nov. 1833 von derselben erstatteten Berichte*) [ergiebt] sich, dass die Röhren keineswegs durchweg angegriffen w[aren,] sondern es fanden sich nur stellenweise, aber oft in g[rossen] Haufen Stücke Eisenoxyd oder Eisenknollen (*tubercules* [fer]*gineux*). Sie hatten im Allgemeinen die Gestalt einer [halben] Birne, deren Spitze nach der Seite gekehrt war, von w[elcher das] Wasser herkam; ihre Höhe betrug oft bis 10 Linien. Sie [waren] schwarz, nahmen an der Luft eine hellbraune Farbe an [und] bestanden aus einer schaligen Masse, die grossentheils [leicht] zerreiblich, doch in einzelnen Schichten auch eine grosse [Härte] zeigte. Die chemische Untersuchung ergab, dass sie i[hrer] Hauptmasse aus verschiedenen Oxydationsstufen des Eise[ns be]standen.

Indem man nach dem Bekanntwerden dieser Ersch[einung] auch andere gusseiserne Leitungsröhren untersuchte, s[o fand] man sie fast überall vor, aber nirgend in solcher Mass[e und] solcher Grösse, wie hier. So fanden sie sich in einer L[eitung] des Departements Ardèche, auch in Paris sowohl in de[n Lei]tungen, die vom Ourcq-Canal, als denen, die von der [Seine] gespeist werden; sie zeigten sich selbst an Roststäben, [beson]ders aber wo Gusseisen mit Seewasser in Berührung stan[d.]

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1834. *I.* p. 355.

also ihr Vorkommen weder eine Folge der eigenthümlichen
haffenheit des Wassers in Grenoble, noch der Zusammen-
ungsart der Röhren.

Nach vielfachen Discussionen über die Ursache dieser Er-
einung und über die Mittel, um derselben vorzubeugen, fand
tzt die Ansicht Eingang, dass das Oxygen der im Wasser
altenen Luft die Oxydation bewirke und diese vorzugsweise
da zeige, wo Stellen von grauem Gusseisen vorhanden sind.
n meinte jedoch, dass auch hier das Zutreten von etwas
ali oder andern fremden Körpern die nächste Ursache zur
ydation sei, und sobald diese eingetreten, sie sich mit Leich-
keit weiter fortsetze. Auffallend war es, dass in den drei
genden Jahren sich keine weitere Abnahme in der Ergiebig-
t der Röhren zu Grenoble zu erkennen gab, und sonach
Knollen sich weder zu vermehren, noch auch zu wach-
schienen.

Das Mittel, welches man zur Sicherung der Röhren in Vor-
lag gebracht und versucht hat, besteht in einem Ueberzuge,
das Wasser im Innern der Röhre nicht in unmittelbarer Be-
rung mit dem Eisen treten zu lassen. Vicat wählte dazu
raulischen Mörtel und Juncker bei den Leitungsröhren der
schine zu Huelgoat eine Mischung von Leinöl und Bleiglätte,
lche er vermöge eines sehr starken Druckes in das Gusseisen
eintrieb.*) In den meisten Fällen wird aber, wie auch wohl
on früher geschah, jede Röhre vor dem Gebrauche erwärmt,
l von innen und aussen mit heissem Theer, meist Steinkohlen-
er überzogen.

Seit dem Jahre 1840 ist von der Oxydation der gusseisernen
hren beinahe gar nicht mehr die Rede gewesen, es scheint
her, dass jene sehr besorglichen Erfahrungen in Grenoble
tweder durch locale Verhältnisse herbeigeführt wurden, oder
lleicht auch die starke Abnahme des Wassers von ganz an-

*) In den *Annales des ponts et chaussées* aus jener Zeit befin-
en sich mehrere Aufsätze über diesen Gegenstand, besonders wichtig
t der kurze Auszug verschiedener Memoiren von Payen im Jahr-
gange 1837. II. S. 358.

dern Ursachen herrührte, und man dieselbe nur irrthümlich der Verengung der Röhren zugeschrieben hatte.

§. 24.

Versorgung grosser Städte mit Wasser.

Bei der Versorgung grösserer Städte bezieht sich das nächste Bedürfniss auf diejenige Wassermenge, welche zum Trinken und zur Zubereitung der Speisen gebraucht wird. Dieses Wasser muss nicht nur klar, sondern auch rein und wenigstens von schädlichen und solchen Stoffen frei sein, die sich durch unangenehmen Geschmack oder Geruch zu erkennen geben. In geringerem Grade fordert man dasselbe auch von demjenigen Wasser, welches zur Reinigung der Wäsche, der Wohnungen und zu ähnlichen Zwecken benutzt wird. Endlich aber pflegt man bei Anlage von Wasserleitungen auch auf andere Bedürfnisse, wie die Spühlung der Strassen, die Speisung von Springbrunnen, Feuerspritzen und dergleichen Rücksicht zu nehmen, wobei die Reinheit des Wassers weniger nöthig ist. Man kann indessen ohne grosse Vermehrung der Anlage- und Betriebskosten das für diese verschiedenen Zwecke bestimmte Wasser nicht trennen, und sonach pflegt man die Leitungen überhaupt nur mit reinem Wasser zu speisen. In manchen Fällen kommen nur die ersten der benannten Zwecke in Betracht, und namentlich giebt es in England eine grosse Anzahl von Anlagen dieser Art, welche das Wasser nur in die Privathäuser leiten. Hiernach stellt sich der Bedarf einer Stadt, wenn man die Einwohnerzahl als Maassstab wählt, sehr verschieden heraus. Als der Ourcq-Canal angelegt wurde, nahm man an, dass jeder Einwohner täglich nur 5 Liter oder $\frac{1}{6}$ Cubikfuss gebrauche, man überzeugte sich aber später, dass dieses nicht genüge, und nahm den persönlichen Bedarf auf $\frac{1}{1000}$ Wasserzoll, oder $\frac{2}{3}$ Cubikfuss täglich an. Wenn aber zugleich die öffentlichen Zwecke berücksichtigt werden, so muss man auf jeden Einwohner mindestens 2 Cubikfuss rechnen. In Toulouse legte man den Satz von 2,59 Cubikfuss (80 Liter) zum Grunde, und die Wassermengen, die in den vorzüglichsten Städten Grossbritanniens auf jeden Einwohner gerechnet werden, sind nach Mallet folgende:

in London . . . . 2,59 Rheinl. Cubikfuss
Manchester . . 1,42 - -
Liverpool . . . 0,89 - -
Glasgow . . . 3,22 - -
Edinburgh . . . 2,00 - -

In London scheint aber seit dieser Zeit (1829) das Wasser-
um ausserordentlich vermehrt zu sein, wenigstens wird in
Kritik des Projectes zur Wasserleitung in Leeds *) ange-
, dass die Londoner Wasserleitungen jedem Einwohner die
nde Quantität zuführen, nämlich

die Grand Junction-Leitung . . 10,66 Rhl. Cubikfuss
- Southwark . . . . 5,00 - -
- New River . . . . 7,06 - -
- West Middlesex . . . . . 5,37 - -
- Chelsea . . . . 4,92 - -
d die East London-Leitung . . 3,53 - -

Bedürfniss wird daselbst auf durchschnittlich nahe 6 Cubik-
angegeben.

Es ergiebt sich hieraus eine solche Verschiedenheit, dass
im Allgemeinen nur bemerkt, wie zur Befriedigung des
endsten Bedürfnisses eine sehr geringe Wassermenge ge-
So wird auf Seeschiffen bei längeren Reisen kaum $\frac{1}{12}$ Cu-
ss auf den Mann gerechnet, und es würde für viele Orte
grosser Gewinn sein, wenn auch nur kleine Quantitäten
baren Wassers zugeführt würden. Sobald aber durch solche
gen das reine Wasser wohlfeiler wird, so steigert sich der
rauch desselben in solchem Grad, dass vielleicht die höch-
der vorstehenden Sätze noch nicht die äusserste Grenze
chnen.

Bei jedem Projecte zu einer Wasserleitung muss man ein
mmtes Quantum zum Grunde legen, weil hiervon die Weite
Ausdehnung der Röhrenleitungen und aller damit in Ver-
ung stehenden Anlagen abhängen. Dieses Quantum kann
, wie bereits früher bemerkt ist, entweder durch Abfangung
Quellen mit Benutzung ihrer natürlichen Höhenlage, oder
tiefer liegenden Strombetten und sonstigen Wasserbecken

*) *The Civil engeneer and Architect's Journal.* 1839. p. 186.

mittelst Pumpen gewonnen werden. Jedenfalls muss das W
sich in solcher Höhe befinden, dass es nach allen Plätzen
Strassen, die man damit versorgen will, fliessen kann. O
behufs der Klärung oder der Ansammlung des Wassers die
lage von grossen Reservoiren nothwendig, in andern F
fehlt eine solche Veranlassung, und namentlich geschieht di
wenn durch Pumpen das Wasser gehoben wird. Es ent
alsdann die Frage, ob man Reservoire anlegen muss, oder
man sie entbehren kann. Beides kommt wirklich vor; so s
melt sich in Paris das Wasser, welches die Maschine Cha
hebt, in grossen Bassins auf der ohnfern belegenen Anhöhe;
gegenüberliegende Maschine Gros-Caillou dagegen hat kein
ches Bassin und giesst das gehobene Wasser unmittelbar in
Leitungsröhren. Das letzte geschieht auch bei dem Pumpwe
zu Toulouse, und in England findet man gleichfalls Beispiele
der einen und der andern Anordnung. Es ist nicht zu leugn
dass dergleichen grosse Speisebassins manche wesentliche V
theile gewähren; man kann die Maschinen einige Zeit hindu
ausser Dienst setzen und die nöthigen Reparaturen daran v
nehmen, ohne dass die Wasserleitung zu wirken aufhört, u
man kann auch, wenn das Bedürfniss auf einige Zeit in hoh
Grade gesteigert wird, wie etwa bei einem Brande, das Wass
quantum weit über die gewöhnliche Ergiebigkeit der Leitung v
mehren. Dagegen ist die Anlage solcher hoch gelegenen Spei
bassins häufig überaus schwierig und zuweilen ganz unmögl
da man sie bei der nöthigen Ausdehnung auf eine natürl
Anhöhe stellen muss; wenn aber hierzu die Gelegenheit
wirklich vorhanden ist, so ist im Innern oder neben gro
Städten ein solcher Platz oft gar nicht käuflich, oder er
wegen der bereits davon gemachten anderweitigen Benutzun
für einen unverhältnissmässig hohen Preis zu erstehn.
nächst darf das Wasser durch die Schöpfmaschinen auch
zu hoch gehoben werden, wodurch ein überflüssiger Kra
wand und eine entsprechende Kostenverschwendung vera
würde. Bei verschiedener Höhenlage der einzelnen Theil
Stadt, welche durch dieselbe Maschine gespeist werden s
darf man also nicht alles Wasser in hochgelegene Bassins h
wollte man aber die Bassins in verschiedene Höhen legen

dieses Verfahren wieder zu kostbar ausfallen auch giebt [illegible] kein Beispiel einer solchen Anordnung. In diesem Falle man daher keine Bassins, vielmehr treibt die Pumpe das [illegible] unmittelbar in die Leitungsröhren und entwickelt dabei [illegible]al nur diejenige Kraft, welche nöthig ist, um eine oder [illegible]dere Leitung, oder gleichzeitig mehrere derselben in Thä- zu setzen.

Was die Vertheilung des Wassers betrifft, so muss die Spei- der öffentlichen Brunnen als der wichtigste Zweck der [illegible]erleitungen angesehn werden. Gewöhnlich fliessen diese selbst und zwar ohne Unterbrechung; wenn sie indessen durch einen geringen Zufluss gespeist werden, so pflegt sie mit Ventilen zu schliessen, und sobald jemand sie be-[illegible]en will, hebt er diese mittelst der Schwengel, worauf so-[illegible]ch ohne weiteres Pumpen der Ausfluss erfolgt. Der Ausguss Brunnen befindet sich in der Regel in solcher Höhe über [illegible]n Strassenpflaster oder über den Trottoirs, dass man einen [illegible]mer darunter stellen kann. Eine grössere Höhe würde eine [illegible]nütze Vergrösserung der Druckhöhe zur Folge haben und die [illegible]ussgänger belästigen. Zuweilen verwandelt man diese Brun-[illegible]en in Springbrunnen, die zur Zierde öffentlicher Plätze dienen; sie sind aber wegen der grossen Druckhöhe, deren sie bedürfen und wegen der Bassins und der Architectur und Sculp-turen, womit sie gewöhnlich geziert werden, sehr kostbar. Am grossartigsten wird eine solche Anlage, wenn die ganze Wasser-menge, welche zur Speisung eines Stadttheiles bestimmt ist, auf einem erhöhten Platze in demselben ausgegossen und mit Aus-nahme einiger Strahlen, die dem Publikum sogleich überlassen werden, in einem Bassin gesammelt wird, aus dem sie in ein-zelnen Röhren nach den verschiedenen Strassen des Stadttheiles fliesst. Girard hat auf solche Art die Fontaine auf dem Boule-vard de Bondy gespeist. Es findet sich indessen hierzu nicht leicht Gelegenheit.

Die Zuführung des Wassers nach einzelnen Gebäuden geschieht von den Leitungsröhren aus, welche die fliessenden Brunnen speisen, und die Ergiebigkeit der letzteren ist sonach davon abhängig, ob grössere oder geringere Wassermengen ihnen entzogen werden. In manchen Fällen haben die Leitungen kei-

nen andern Zweck, als die Versorgung der öffentlichen
Privatgebäude; in England ist dieses jedesmal der Fall.

Aus den Leitungsröhren gehn in gewissen Abständen kur
Ansatzröhren aus, die mit Hähnen geschlossen sind, an welch
man bei einem Brande die Zuleitungsschläuche der Spritz
befestigen und sonach den nöthigen Wasserbedarf unmittel
entnehmen kann. Gewöhnlich ist der Druck so stark, dass
Wasser von selbst in den Wasserkasten der Spritze strömt,
ist dieses keineswegs eine nothwendige Bedingung, und es
vielmehr schon viel gewonnen, wenn das Zutragen oder Zufüh-
ren des Wassers überhaupt vermieden wird.

Das Wasser, welches zu den erwähnten Zwecken nicht con-
sumirt wird, ergiesst sich endlich durch die fliessenden Brunne
in die Rinnen der Strassen, und wenn es auch keineswegs ei
vollständige Reinigung der Strassen bewirkt, sondern z
diesem Zwecke jedesmal noch ein sorgfältiges und regelmässig
Fegen erforderlich ist, so verhindert die Strömung doch
Fäulniss und schädliche Ausdünstung des in den Rinnen abge-
lagerten Schmutzes.

In Bezug auf die Anordnung der Leitungen ist noch Fo
gendes zu erinnern. Zunächst muss man auf einem genau
Situationsplane von dem ganzen mit Wasser zu versorgend
Districte die sämmtlichen beabsichtigten Brunnen, und sonstig
Ausflüsse eintragen und nach bewirkter Reduction auf einen
meinschaftlichen Horizont die Höhe bezeichnen, in welcher je
Ausfluss erfolgen soll. Wenn eine Tabelle noch die Wass
mengen aller Brunnen und Ausflüsse nachweist, so hat
alle Data, um die passenden Gruppirungen zu machen und
Project in den Hauptpunkten festzustellen. Besonders wich
ist dabei eine zweckmässige Vertheilung der grösseren Leit
gen. Man muss gewisse Vertheilungspunkte aufsuchen,
denen aus man die Umgebungen bequem speisen kann,
diese Punkte müssen entweder von der Hauptleitung oder
den Zweigröhren der ersten Ordnung berührt werden. Die
ordnung wird aber so getroffen, dass alle Leitungen, wel
Theilungspunkte speisen, möglichst gerade geführt werden
leicht zugänglich sind, auch soviel es geschehen kann,
gleichmässiges Gefälle erhalten. Die einzelnen Theile der Z

schenleitung können zwar innerhalb gewisser Grenzen fallen und steigen, doch dürfen sie sich nie über das Niveau des nächst vorhergehenden Theilungspunktes erheben, und diese Punkte selbst müssen, soviel wie möglich, eine ihrer Entfernung entsprechende Abstufung in der Höhe zeigen. Diese Bedingung begründet sich dadurch, dass es weniger vortheilhaft ist, die Theilung der Wassermenge durch unmittelbare Spaltung des Röhrenstranges zu bewirken, als vielmehr aus offenen Bassins oder Brunnen die Zweigröhren ausgehn zu lassen. Man erreicht hierbei den Vortheil, dass solche Brunnen als Schlammkasten und Luftventile wirken, auch wird der nachtheilige Einfluss der veränderten Richtung durch sie umgangen. Ueberdies geben sie Gelegenheit zu einer genauen Controlle über die Ergiebigkeit aller Hauptleitungen, denn sobald eine derselben sich verstopft hat, oder leck geworden ist, so wird sich dieses an dem Wasserstande der beiden nächsten offenen Brunnen sogleich zu erkennen geben. Die Einführung eines sehr ungleichförmigen Gefälles in den einzelnen Theilen der Hauptleitung und der Zweigröhren hat aber den Nachtheil, dass man in derjenigen Strecke, wo die Niveaudifferenz zwischen den nächsten Brunnen im Verhältniss zur Länge der Leitung sehr geringe ist, gezwungen wird, mit grossen Kosten und mit manchen andern Unbequemlichkeiten besonders weite Röhren zu benutzen.

Diese Bassins oder Brunnen an den Vertheilungspunkten sind entweder geräumige Reservoire, die grosse Wassermengen fassen (*Chateau d'eau*), gemeinhin aber nur gusseiserne Cylinder von 3 oder 2 Fuss Durchmesser, aus denen die Zweigröhren abgehen (*cuve de distribution*). Beide muss man in der Regel über dem Niveau der Strassen, also in kleinen Gebäuden oder auf Unterbauen anlegen, weil man sonst keine fliessenden Brunnen erhalten würde. Einzelne kleine Ableitungen kann man, wo es nöthig ist, auch durch die Hauptröhren unmittelbar speisen, um nicht von dem nächsten Vertheilungspunkte aus eine besondere Leitung dahin führen zu dürfen, im Allgemeinen ist es aber vortheilhaft, wenn von einem Vertheilungspunkte bis zum nächsten keine Verminderung der Wassermenge eintritt und daher der Röhrenstrang seine Weite unverändert behält. Bei den kleineren Zweigröhren darf man weniger vorsichtig in dieser

Beziehung sein, da sie schon aus andern Gründen eine überflüssige Weite zu erhalten pflegen.

Hat man nun auf diese Art die Lage der sämmtlichen Vertheilungspunkte und den Zug derjenigen Röhren bestimmt, wodurch sie gespeist werden, so kann man nach der in §. 17 gegebenen Formel die nöthige Weite der Röhren berechnen. Man kennt nämlich die Länge jeder einzelnen Strecke, das daselbst stattfindende absolute Gefälle und die Wassermenge; man thut aber wohl, wenn man, wie bereits erwähnt, letztere noch etwa um die Hälfte grösser annimmt, als sie wirklich ist, man sichert sich dadurch theils die Möglichkeit, bei steigendem Bedürfnisse der Leitung eine grössere Ausdehnung zu geben, theils aber werden alsdann auch die zufälligen Verengungen der Röhre nicht so nachtheilig, und jedenfalls kann man durch die Hähne oder Schiebeventile, die jeder Theil der Leitung erhalten muss, das durchfliessende Wasserquantum beliebig vermindern, während man kein Mittel besitzt, es zu vergrössern, wenn die Röhren zu enge sein sollten. Die letzten Zweigröhren müssen aber eine solche Weite behalten, dass sie bei einem entstehenden Brande den Wasserbedarf zur Versorgung mehrerer Spritzen mit Sicherheit liefern. Endlich ist noch zu bemerken, dass man in dem ersten Theile der Leitung, durch welchen die ganze Wassermenge geführt wird, doppelte Röhren zu legen pflegt, um bei einer zufälligen Beschädigung nicht die ganze Anlage ausser Thätigkeit setzen zu dürfen.

Auf solche Art ermittelt man die verschiedenen Weiten, welche die Röhren haben müssen, und um die Anzahl der nöthigen Formstücke nicht zu sehr zu vermehren, so verändert man die berechneten Halbmesser, so dass sie sich auf eine gewisse geringe Anzahl beschränken. D'Aubuisson benutzte bei der Wasserleitung zu Toulouse nur neun Arten von Röhren, nämlich in den Weiten von 10,3 — 7,3 — 6,1 — 4,6 — 3,8 — 3,4 — 3,0 — 2,7 und 1,9 Zoll.

In eigenthümlicher Weise ist in Paris die Wasserleitung angeordnet, welche durch den Ourcq-Canal gespeist wird. Dieser Canal mündet nämlich in das geräumige Bassin la Villette zwischen den Thoren la Villette und Pantin am nordöstlichen Rande von Paris. Von hier wird das Wasser durch die in

ig. 107 Taf. X dargestellten Röhren für die Leitung geschöpft, an schliesst es aber nicht sogleich in Röhren ein, sondern itet es in einem unterirdischen überwölbten Canale, dem Aqueue de Ceinture, etwa eine halbe Meile weit längs dem nördchen hohen Ufer des Seine-Thales fort. Auf solche Art gengt das Wasser in mannigfaltigen Krümmungen bis nahe an as Thor de Mouceaux. Fig. 110 *a* zeigt das Profil des Aqueduc e Ceinture. Derselbe ist so geräumig, dass man mit einem leinen Nachen darin fahren kann, und ein Gang an der Seite rlaubt auch, zu Fuss die ganze Gallerie zu begehn. An vielen tellen hat man dem Lichte und der Luft freien Zutritt verchafft, und mehrere Treppen führen herab, damit man mit eichtigkeit zu den einzelnen Stellen gelangen kann. Auffalend ist es, dass man diesem Canale in seiner Sohle gar kein efälle gegeben hat. Sieben Röhrenleitungen schöpfen darin as Wasser und führen es in andern Gallerien nach dem tiefer egenden Theile der Stadt. Die grösste unter diesen ist die alérie Saint Laurent, worin vier Röhrenstränge neben einander egen. Fig. 110 *c* zeigt ihr Profil und Fig. 110 *b* das Profil des leinen Gebäudes, worin diese Röhren aus dem Canale treten. *)

Die Reservoire oder Bassins dienen entweder nur zur nsammlung des Wassers, oder haben noch den Zweck, dass ie öffentliche Plätze verzieren sollen und sind in diesem Falle äufig mit Springbrunnen verbunden. Vollkommene Wasserichtigkeit ist bei ihnen jederzeit die Hauptbedingung, und um iese zu erreichen, pflegt man sie in der ganzen vom Wasser enetzten Oberfläche mit Cement zu überziehn. Die Zusammenetzung solcher Cemente kann sehr verschieden sein, jenachdem ie entweder aus Kalkmörtel oder aus Oel- und andern Kitten estehn. So vortheilhaft die letzten in mancher Beziehung auch ind, so scheinen sie doch im Allgemeinen weniger sicher mit len Steinen zu binden, und die grosse Verschiedenheit ihrer Zusammensetzung gegen die des übrigen Mauerwerks führt häufig och andere Nachtheile herbei, wohin namentlich auch der sehr

*) Eine specielle Beschreibung der Wasserleitungen in Paris, die vom Ourcq-Canale gespeist werden, hat Emmery geliefert. *Annales des ponts et chaussées.* 1840. I. p. 145 ff.

bedeutende Unterschied in der Ausdehnung bei Temperat[illegible]
änderungen gehört. Aus diesem Grunde pflegt man vor[illegible]
weise zum Ueberzuge der innern Oberfläche des Bassins [illegible]
Cemente anzuwenden, welche entweder aus Mörtel bestehn, [illegible]
demselben doch sehr nahe kommen, und es tritt alsdann [illegible]
fähr dasselbe Verfahren ein, welches schon in §. 5 bei [illegible]
genheit der Cisternen beschrieben ist. Man hat auch me[illegible]
mit vielem Vortheile Béton, das ist eine Verbindung von [illegible]
mit kleinen Steinstücken, benutzt. Ueber die Zubereitung [illegible]
selben wird im Folgenden das Nöthige mitgetheilt werden [illegible]
ist nur zu erwähnen, dass eben durch die kleinen Stein[illegible]
chen die Fugen vielfach unterbrochen und dadurch das E[illegible]
von Wasseradern verhindert wird. Man trägt den Béton [illegible]
rere Zolle stark mit der Kelle auf, ebnet ihn etwas, o[illegible]
jedoch zu stark zu reiben, und sodann wird mit immer [illegible]
rem Mörtel die gehörige Ausgleichung bewirkt. Dabei [illegible]
aber nöthig, dass jede Lage trocken sein muss, bevor [illegible]
folgende aufträgt, und eben dieses gilt auch für die ers[illegible]
die Bétonlage. Es versteht sich aber von selbst, dass [illegible]
diesem Mauerwerke sowohl die Steine als den Mörtel [illegible]
wählen hat, dass beide das Wasser weder durchlassen [illegible]
auch davon erweicht werden.

Demnächst werden die Bassins so eingerichtet, [illegible]
vollständig abgelassen werden können, sie erhalten dah[illegible]
geneigten Boden, und sind an der tiefsten Stelle dessel[illegible]
einer Ausflussöffnung versehn, die durch ein Ventil ges[illegible]
wird. Um das Ausfliessen des Wassers noch mehr zu [illegible]
tern, versieht man auch den Boden der Länge nach mi[illegible]
vertieften Canale. In dieser Art sind die Reservoire in [illegible]
Park zu London, worin das Wasser der Chelsea-Leit[illegible]
sammelt wird, nicht nur mit einer ausgemauerten tiefe[illegible]
versehn, welche sich in der Längenaxe des Bassins [illegible]
sondern ausserdem fällt der Boden von beiden Seiten [illegible]
der Neigung von $\frac{1}{6}$ nach dieser Rinne ab. Die Bassi[illegible]
640 Fuss lang, 102 Fuss breit und in der Mitte ne[illegible]
Rinne 14 Fuss tief. Der Boden besteht aus einem [illegible]
Lehmschlage, worüber ein Pflaster in hydraulischem Mö[illegible]
gebracht ist.

Wenn die Reservoire geringere Dimensionen haben, so bestehn sie häufig aus Gusseisen und namentlich ist dieses bei den erwähnten Cylindern in den Vertheilungspunkten der Wasserleitungen der Fall; doch kommen auch grössere Bassins aus demselben Material vor. So giebt es z. B. deren zwei in Liverpool, eines 60 Fuss lang, 15 Fuss breit und 10 Fuss tief und eines 33 Fuss lang, 17 Fuss breit und 7 Fuss tief. Die kleineren Reservoire endlich bestehn häufig aus hölzernen Kasten, die mit Blei gefüttert sind, und besonders geschieht dieses, wenn das Wasser in Gebäuden angesammelt wird, wobei man den grossen Vortheil hat, dass sie sehr leicht sind und die Gebäude nicht stark belasten.

Wenn keine Speisebassins angelegt sind, vielmehr das Wasser aus den Pumpen unmittelbar in die Röhrenleitung tritt; so muss jedenfalls dafür gesorgt werden, dass die Stösse der Pumpe sich nicht weit fortsetzen, wodurch theils die Verbindung der Röhren gelöst, theils die Wirksamkeit der Maschine sehr behindert würde, indem jedesmal eine lange Wassersäule von Neuem in Bewegung gesetzt werden müsste. In vielen Fällen, und besonders wenn der Röhrenstrang nicht lang ist, begegnet man diesem Uebelstande durch Windkessel, die bei jedem Stosse der Pumpe einiges Wasser aufnehmen, und bis zum folgenden Stosse durch den Druck der Luft dieses in die Röhre treiben. Sie veranlassen daher eine ununterbrochene, wenn auch nicht ganz gleichmässige Bewegung des Wassers in der Röhre, und vermindern in hohem Grade die Erschütterungen. Dabei zeigt sich indessen ein andrer Uebelstand, besonders wenn das Wasser unter starkem Drucke in der Röhre sich bewegt: nämlich die in gleichem Maasse comprimirte Luft dringt durch die Fugen des Windkessels; derselbe füllt sich daher immer mehr mit Wasser an, und seine Wirksamkeit hört bald ganz auf. Will man demnach nicht in kurzen Zwischenzeiten die Leitung unterbrechen, um den Kessel aufs Neue zu füllen; so muss man durch die Maschine noch eine Luftpumpe treiben lassen, die entweder dauernd, oder so oft es nöthig ist, den Windkessel mit Luft speist.

Bei vielen Wasserleitungen in England hat man die erwähnten nachtheiligen Stösse in andrer Weise vermieden. Es wird nämlich ohnfern der Pumpe auf die Leitungsröhre eine sogenannte Stand-

röhre aufgestellt, die aus starken Eisenblechen zusammengesetzt und etwa 2 Fuss weit ist, sich aber so hoch erhebt, dass das Wasser darin bis zur vollen Druckhöhe ansteigen kann, also der Verschluss derselben entbehrlich ist. Ist diese Röhre nur einfach, wie häufig der Fall ist, so unterbricht sie nicht die Hauptleitung. Das Wasser dringt bei jedem Stosse der Pumpe in die letztere, aber ein Theil der zugeführten Wassermenge steigt auch in die Standröhre, erhöht hier etwas die Druckhöhe, und fliesst bis zum folgenden Stosse wieder in die Leitungsröhre ab. Die Wirkung ist daher dieselbe, wie die eines Windkessels, doch darf hier für die Füllung mit Luft nicht gesorgt werden. Dabei wird aber noch ein anderer Vortheil erreicht. Aus dem stark gepressten Wasser entwickelt sich nämlich, besonders in der heissen Jahreszeit eine bedeutende Menge Gas. In den Windkessel kann dieselbe nicht treten, weil derselbe einer festeren Aufstellung bedarf, und daher zur Seite der Leitungsröhre stehn muss. Diese Luft entweicht aber sehr sicher in die Standröhre, die sonach auch den Zweck der oben beschriebenen Luftröhren versieht (§. 22).

Nicht selten ist die Standröhre doppelt, oder besteht aus zwei senkrechten Röhren von den angegebenen Dimensionen, die nahe neben einander stehn, und oben durch eine gekrümmte Röhre verbunden wird. In diesem Falle wird die Wasserleitungsröhre durch sie vollständig unterbrochen, und alles Wasser, welches die Pumpe fördert, fliesst durch sie hindurch, steigt also in dem einen Schenkel hinauf, strömt über den Scheitel und fällt im andern Schenkel herab. Eine heberartige Wirkung tritt dabei nicht ein, insofern der höchste Theil der Röhrenwand durchbrochen und mit einer kleinen, stets offenen Ansatzröhre verbunden ist, durch welche die Luft frei ein- und austreten kann. Derjenige Schenkel, in welchem das Wasser herabfliesst, ist nichts andres als ein Speisebassin, worin der Wasserstand freilich etwas schwankt, das aber von den Stössen der Pumpe nicht mehr getroffen wird, und worin sich jedesmal diejenige Druckhöhe darstellt, welche nöthig ist, um die ganze zufliessende Wassermenge in die Leitung zu treiben. Indem das Wasser mit freier Oberfläche den Scheitel der Standröhre überströmt, so wird die Gelegenheit zum Absetzen der Luft vollständig geboten. Ein Uebelstand besteht nur darin, dass das Wasser immer bis zum Scheitel der Standröhre gehoben

werden muss, wenn auch vielleicht zeitweise nur eine geringere Druckhöhe erforderlich sein sollte.

Bei Versorgung von Privatwohnungen mit Wasser geschieht die Zuleitung gemeinhin in bleiernen, zuweilen auch in engen gusseisernen Röhren. Die ersten haben, besonders wenn sie gezogen sind, den wichtigen Vorzug, dass sie sich leicht biegen und sonach mit wenig Mühe überall anbringen lassen, auch eine etwanige Senkung der Wände und Balkenlagen ist ihnen nicht schädlich. Es kommen hierbei indessen manche Rücksichten in Betracht, die eine grosse Vorsicht nöthig machen. Ganz frei darf man die Röhren nicht führen, weil sie alsdann zu sehr der Gefahr einer zufälligen Beschädigung ausgesetzt wären und beim Froste das darin enthaltene Wasser leicht gefrieren könnte. Man versenkt sie daher in die Wände und Fussböden, und um sie möglichst dem Froste zu entziehn, werden sie mehr in die innern, als die Umfassungswände verlegt; auch pflegt man aus demselben Grunde sie mit Moos und andern schlechten Wärmeleitern zu umgeben, wodurch man zugleich das Beschlagen der Röhren vermeidet, das sonst eintritt, sobald das zugeführte Wasser kälter als die Luft der Zimmer ist. Bei diesen innern Röhren ist jeder Leck besonders nachtheilig, indem dadurch die Wände feucht und die Malereien oder Tapeten verdorben werden. Es kommt also auch darauf an, dass man mit Leichtigkeit überall zu ihnen gelangen und sie von Zeit zu Zeit untersuchen kann. In England, wo die Küchen sich gewöhnlich im Souterrain befinden, sind diese Bedingungen leichter zu erfüllen, und die Schwierigkeiten verschwinden zum Theile ganz, insofern das Wasser gar nicht in die Wohnräume geleitet wird. In Frankreich dagegen und namentlich in Paris, wo in jedem Stockwerke eine und mehrere Haushaltungen sind und die Constructionen im Allgemeinen keine besondere Solidität haben, geben die erwähnten Schwierigkeiten sich oft sehr unangenehm zu erkennen.

Von den Reservoiren, worin die Haushaltungen das Wasser sammeln, ist nur zu erwähnen, dass man dieselben mit einem Schwimmer zu versehn pflegt. Sobald dieser bis zu einer gewissen Höhe sich erhebt, wird ein Ventil in der Zuflussröhre verschlossen und dadurch das Ueberlaufen des Wassers verhindert. Demnächst sind hierbei auch noch die Vorrichtungen wichtig, wo-

durch die Gesellschaft, welche die Wasserleitung ausgeführt hat, das in jeder Haushaltung consumirte Wasser controlliren lässt. Am sichersten geschieht dieses, wenn zu bestimmten Zeiten, also etwa alle Tage oder wöchentlich einmal im Beisein des Beamten das Reservoir gefüllt und gleich darauf der Hahn wieder verschlossen wird; dieses ist in England grossentheils der Fall. Das Verfahren ist indessen umständlich und unbequem, indem das Wasser dabei nicht frisch bleiben kann. Für die Abnehmer ist es besonders wünschenswerth, ihren Bedarf nach Belieben zu entnehmen. Man hat manche Vorrichtungen zum **Messen der verbrauchten Wassermenge** angegeben, die zum Theil mit der Taf. I. Fig. 2 dargestellten Vorrichtung übereinstimmen, zum Theil aber auch darin bestehn, dass die Zellen eines Rades durch das ausfliessende Wasser gefüllt werden und das Rad dadurch in Umdrehung gesetzt wird, während durch eine mechanische Vorrichtung ein oder mehrere Zeiger die Anzahl der erfolgten Umdrehungen angeben. Hierauf beziehn sich die Erfindungen, auf welche Crosley in England patentirt wurde und die mit einigen Modificationen auch auf das brennbare Gas angewendet sind. *) Sicherer als diese Einrichtungen ist aber diejenige, wobei man von dem Wasserstrahle, den die Röhre liefert, einen aliquoten, also etwa den tausendsten Theil in einem besondern Gefässe auffängt und durch Nachmessung dieser letzten Wassermenge den in der Zwischenzeit stattgehabten Verbrauch bestimmt. Sobald nämlich der Hahn des Zuleitungsrohres geöffnet wird, fliesst das Wasser in ein kreisrundes Gefäss, das am Umfange zehn gleiche Oeffnungen hat; neun derselben giessen das Wasser auf den Boden des Kastens aus, der zehnte Strahl fällt aber in ein zweites Gefäss, das wieder zehn gleiche Strahlen giebt. Einer von den letzten wird aufs Neue in ein drittes Gefäss mit zehn Oeffnungen geleitet, und von diesen Strahlen, deren jeder der tausendste Theil der Wassermenge ist, wird einer in einem prismatischen Gefässe gesammelt. In dem letztern schwimmt eine Kugel, woran eine Schnur befestigt, und über eine Rolle gezogen und an der andern Seite an ein Gegengewicht befestigt ist. Sobald in dem letzten Gefässe das Wasser steigt, so dreht sich die Axe der Rolle und

*) Matthews *Hydraulia.* p. 304.

dabei einen Zeiger, der den stattgehabten Zufluss bezeichnet. [W]asser, welches auf den Boden des Kastens fällt und von [...]iesst, ist sonach nicht das ganze Quantum, welches die [...]g giebt, es fehlt daran der in dem erwähnten Gefässe an[...]nelte tausendste Theil. Es darf kaum erwähnt werden, [...]er ganze Kasten ebenso wie die früher angedeuteten Appa[...]nter Verschluss gehalten wird, damit der Abnehmer des [...]rs nicht dazu kommen und die Controlle vereiteln kann. *)
[W]esentlich verschieden ist hiervon die von d'Aubuisson bei [W]asserleitungen in Toulouse eingeführte Methode, wonach [...]nehmern das Quantum, welches sie verlangen, in einem [...]brochenen feinen Strahle zugeführt wird. Das geringste [...] welches verabfolgt wird, sind 2 Hektoliter oder 6½ Cubik[...] 24 Stunden, und d'Aubuisson erwähnt, dass nach den [...]n Erfahrungen solche überaus feine Strahlen ohne Unter[...]g und ohne Aenderung ihrer Stärke drei Monate hindurch [...] **) Etwas unsicher scheint diese Methode indessen zu [...]mentlich da nach derselben Mittheilung das dortige Wasser [P]flanzenfasern mit sich führt. Ausserdem dürfte die starke [...]ng, worin das Wasser mit der Luft gebracht wird, auch [...]hm die Frische nehmen, die man zu vielen häuslichen [...]n ungern entbehrt.
[W]as die öffentlichen Brunnen betrifft, so haben dieselben [...]den besondern Zweck, die Strassen und namentlich die [...]n zu spülen. In Paris lässt man sie in dieser Absicht [...] des Tages, nämlich um 6 Uhr Morgens und um 12 Uhr [...], und zwar jedesmal eine Stunde lang fliessen, während [...] auf den Märkten und in denjenigen Hallen, wo Fleisch [...]liche Artikel feil geboten werden, dauernd in Wirksamkeit [...] Sie sind vorzugsweise auf den Scheitelpunkten der [...]n angebracht, dass heisst da, wo die Rinnen nach beiden [...]abfallen, und in diesem Falle hat der Brunnen entweder [A]usgüsse, oder es ist in andrer Weise dafür gesorgt, [d]as Wasser sich nach beiden Richtungen ziemlich gleich-

---

*) Vergl. das bereits angeführte Werk von Génieys *Essai sur [les mo]yens de conduire etc.* p. 225.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1838. *II.* p. 313.

mässig vertheilt. Die Wirksamkeit dieser Anlagen steht in der genauesten Verbindung mit den verdeckten Abzugscanälen, die in grosser Menge sowohl in Paris, als in den grössern Städten Gross-Britanniens seit langer Zeit bestehn und von denen im Folgenden ausführlich die Rede sein soll. Die letzten nehmen das schmutzige Wasser auf, während die ersten das reine Wasser zuführen. Ohne Zweifel erleichtern die fliessenden Brunnen wesentlich die Reinigung der Strassen, und vermindern den Staub, doch sind sie nur mit Vortheil anzuwenden, wenn das zugeführte Wasser durch unterirdische Abzugscanäle abgeleitet werden kann. Entgegengesetzten Falles können die Rinnen, besonders wenn ihr Gefälle nur mässig ist, die zugeführten Wassermengen nicht fassen, oder man müsste sie so erweitern und vertiefen, dass sie den Verkehr beeinträchtigen, und selbst gefährlich werden. Jedenfalls darf man den Schmutz der Strassen nicht durch das fliessende Wasser beseitigen wollen. Hierzu würde ein sehr starkes Gefälle erforderlich sein, und dennoch der Uebelstand hinzutreten, dass in dem Flussbette ausgedehnte Ablagerungen entständen, die nicht nur der Schiffahrt hinderlich, sondern auch den Umwohnenden lästig uud schädlich wären. Sowohl in England, als in Frankreich wird der Kehricht der Strassen abgefahren, und nur das Wasser fliesst in die Canäle. Die Mängel der Strassenreinigung in Paris, wo fliessende Brunnen und Abzugscanäle vorhanden sind, hat Génieys in dem mehrmals angeführten Werke und ebenso auch Emmery in einem interessanten Aufsatze über fliessende Brunnen und Abzugscanäle entwickelt. *) Eine andere Mittheilung von Mougey über denselben Gegenstand **) zeigt aber unter Angabe wichtiger Thatsachen, dass auch in den englischen und schottischen Städten gleichfalls Vieles noch zu wünschen bleibt. Aus beiden Aufsätzen ist ein grosser Theil der folgenden Notizen entnommen.

Die Wassermenge, welche ein fliessender Brunnen geben muss, um die Spülung der Rinne zu bewirken, ist von so vielen

---

*) *Egouts et bornes fontaines par Emmery. Annales des ponts et chaussées* 1834. *I. p.* 241.

**) *Notice sur les égouts de Londres, de Liverpool et d'E bourg par Mougey. Annales des ponts et chaussées* 1838. *II. p.* 127.

ländeu abhängig, dass man ein allgemein gültiges Maass
r nicht angeben kann; d'Aubuisson hat in Toulouse das-
e bis auf einen Wasserzoll (¾ Cubikfuss in der Minute)
ässigt, doch sind diese Brunnen in ununterbrochener Wirk-
keit, und liegen mitunter sehr nahe nebeneinander, so dass
sich gegenseitig verstärken, und besonders ist dieses in
jenigen Strassen der Fall, wo der lebhafteste Verkehr statt-
et. Die Wassermenge, welche die Brunnen in Paris geben,
eint viel grösser zu sein, was auch nöthig ist, indem sie
t fortwährend fliessen und daher ein fester Niederschlag sich
den Rinnen sammelt. Emmery nimmt die Wassermenge eines
ssenden Brunnens in Paris zu 8 Wasserzoll oder 3½ Cubik-
s in der Minute an.

Was die sonstige Einrichtung dieser Brunnen betrifft, so
fen sie die Strassen nicht beengen und die Trottoirs weder
er Wasser setzen und im Winter mit Eis bedecken, noch
h dürfen sie so stark spritzen, dass die Fussgänger benetzt
den. Die älteren fliessenden Brunnen in Paris sind
den erwähnten Uebelständen keineswegs frei, und es kommt
entlich in der Strasse St. Denis vor, dass man, um die Bil-
g des Eises auf den Trottoirs zu vermeiden, im Winter zur
t, wann die Brunnen fliessen, hölzerne Rinnen überlegt, die
Wasser bis zu den gepflasterten Rinnen neben dem Damme
en, wodurch die Benutzung der Trottoirs sehr erschwert wird.
n hat zur Beseitigung dieser grossen Unbequemlichkeit den
such gemacht, die Brunnen an den äussern Rand der Trot-
s zu stellen, so dass sie das Wasser unmittelbar in die
flasterten Rinnen giessen, allein in diesem Falle verengen
wieder den Fahrdamm und werden von den vorüberfahrenden
gen beschädigt. Génieys schlägt dagegen vor, das Wasser
nicht über das Niveau des Trottoirs steigen zu lassen, son-
n es unter den Trottoirplatten, die aus Gusseisen bestehn,
inen überdeckten Canal zu leiten, der am Rande des Fahr-
mes ausmündet. Diese Einrichtung beseitigt zwar vollständig
benannten Uebelstände, aber sie vereitelt auch zugleich einen
entlichen Zweck dieser Brunnen, nämlich das Auffangen des
ssers in Gefässen. Am zweckmässigsten erscheint demnach
in Fig. 113 dargestellte Anordnung der Brunnen, die in den

letzten Jahren auch vorzugsweise in Paris gewählt wird. Brunnen, den a in der Ansicht von vorn, b im Durchschni und c im Grundrisse zeigt, besteht in einem gusseisernen sten; er ist möglichst nahe an die Häuser gestellt, und Abweisesteine, die in der Figur nicht angegeben sind, schü ihn von beiden Seiten. Die Ausgussröhre, die senkrecht wärts gerichtet ist, befindet sich nur 13 Zoll über dem Tro und giebt sonach nur eben Gelegenheit, einen Eimer darun zu stellen. Sobald das Wasser aber nicht aufgefangen w so stürzt es durch einen Rost, dessen Stäbe, um das Sprit zu vermeiden, oben zugeschärft sind, und fliesst durch gusseiserne Rinne unter dem Trottoir nach dem Fahrdam Der Hahn, welcher den Ausfluss schliesst, hat die Einrichtu dass das Wasser in seine Axe hineintritt, wie Fig. 113 d un zeigen; er kann durch eine Oeffnung in dem obern Boden Brunnenkastens gedreht werden, wenn man aber diesen Bo oder Deckel abhebt und die beiden durch Splinte gehalte Klammern herausnimmt, so kann man den abwärts gekehr Theil des Ausgussrohres abschrauben und einen Schlauch, ein passendes Schraubengewinde hat, daran befestigen. solche Art lassen sich durch diese Brunnen die Wasserka der Feuerspritzen unmittelbar füllen.

Ausser den erwähnten Brunnen haben die Leitungsröh auch an den Stellen, wo sie unter dem Strassenpflaster lie noch in gewissen Entfernungen kurze, aufwärts gerichtete mit Hähnen und Schraubengewinden versehene Ansatzröh woran die Schläuche gleichfalls befestigt werden können. wöhnlich wird über diesen Hähnen das Strassenpflaster un brochen, indem ein Rahmen von Holz oder Stein darüber und die Oeffnung in demselben mit einer gusseisernen P geschlossen ist. Diese Platte muss in der Oberfläche un sein, damit sie nicht glatt wird, und sie ist in der Mitte mit kleinen, eigenthümlich geformten Oeffnung für einen Schlü versehn, mit dessen Hülfe man sie heben kann. Diese Pla unterbrechen indessen das regelmässige Pflaster und wenn lange gelegen haben, so werden ihre Oberflächen sehr und dadurch für den Verkehr störend; ausserdem breche leicht und geben im Winter zu einer starken Abkühlung

genheit. Man hat sie daher, mit Rücksicht auf ihren
ebrauch, in England ganz entfernt, indem die Röhre
er Stelle, wo der Hahn liegt, mit Erde beschüttet und
er darüber geführt wird. Gewisse Marken an den
ebäuden weisen aber die Stelle des Hahnes nach, und
bei einem Brande nöthig wird, denselben zu benutzen,
wenigen Minuten das Pflaster aufgebrochen und die
egende Oeffnung aufgegraben.
gland sind die Wasserleitungen jedesmal Privatunter-
, öffentliche Brunnen werden durch sie nicht gespeist,
erhaupt kein Wasser unentgeltlich verabfolgt wird.
einigung der Strassen erforderliche Wasser wird
unmittelbar aus den Leitungen entnommen, vielmehr
u das in den Reservoiren der einzelnen Wohnungen
ndene Wasser, die unmittelbar vor der neuen Fül-
tlich entleert werden, und dadurch bedeutende Massen
senrinnen zuführen. Dieses Ausgiessen würde von
olg sein, wenn es nicht gleichzeitig einträte, da je-
Leitung jeder Strasse nur in einer bestimmten Stunde
eit ist, so werden die Reservoire auch in derselben
rt, und dadurch bilden sich in den Rinnen starke Strö-
die sogleich zum Reinigen der Strassen benutzt werden.
man die Strassen benetzen, oder besprengen, was
auf chaussirten Strassen in Städten zur Verminderung
es nothwendig ist, so werden dazu die oben beschrie-
uer-Hähne benutzt, die in diesem Falle aber leicht
sein müssen. Man schraubt auf dieselbe Schläuche
gewöhnlich genügt schon der Wasserdruck in den Lei-
n, um die Sprengung vollständig zu bewirken, häufig
jedoch zu diesem Zwecke Wasserkarren benutzen, die
se Anzahl Strahlen dicht über der Strasse ausfliessen
Obwohl dieses Sprengen sehr kostbar ist, indem das
derliche Wasser angekauft werden muss; so wirkt es
für kurze Zeit, und verhindert sonach keineswegs die
es Staubes. Die starke Abnutzung der Steindecke auf
assen und das oft nöthige Abziehn des Schlammes haben
hre Unterhaltung als übermässig kostbar herausgestellt.
Gelegenheit der Wasserleitungen in grösseren Städten

sind endlich noch die **verdeckten Abzugscanäle** unt
Strassen zu erwähnen, welche theils das Regenwasser,
aber auch das unreine Wasser aus den offenen Rinnen a
men und beides nach dem Flussbette abführen. Sie verh
sonach eine zu starke Ansammlung des Wassers, doch
sie gemeinhin auch noch auf andere Art wesentlich zur
haltung der Strassen und überhaupt der nächsten Umgel
bei, indem nicht nur unreines Wasser, sondern auch eine
Schmutz in sie hineingeworfen wird, den sie unbemerl
Flusse zuführen. Sie gewähren den Einwohnern eine
Bequemlichkeit, und namentlich wenn die Kothgruben d
tritte mit ihnen in Verbindung gesetzt werden dürfen, wie
in neuerer Zeit in London der Fall ist und wie gross
auch in Paris geschieht. Die daraus hervorgehende Veru
gung des Flusses ist freilich ein grosser Uebelstand, der
in gleichem Maasse sich überall zeigt, wo das unmittelba
werfen des Schmutzes in den Fluss gestattet ist.

Solche Abzugscanäle kommen in den meisten gr
Städten in Frankreich und Grossbritannien vor, doch wo
älterer Zeit herrühren, sind sie gewöhnlich nur nach den
sten Bedürfnisse und ohne gehörige Rücksicht auf ein
messene Vertheilung des Gefälles angelegt, woher sie ir
Fällen denjenigen Effect nicht zeigen, den sie bei einer
deren Anordnung haben könnten. In Deutschland sind
tener. Dagegen waren sie schon in früherer Zeit bekan
Cloaken in Rom sind wegen ihrer Ausdehnung und
Dimensionen noch jetzt unübertroffen.

Bei Anlage dieser Canäle ist vorzugsweise darauf zu
dass sie durch die Stoffe, welche sie abführen, nicht v
werden. In dieser Beziehung ist es zunächst nöthig, ih
hinreichendes Gefälle zu geben; man ist in England in
Zeit auf diesen Umstand sehr aufmerksam. So muss in
in dem Districte zunächst Westminster das Gefälle wei
$\frac{1}{96}$ betragen, in dem Districte Holborn und Finsbury wei
$\frac{1}{144}$, und die Commissarien, welche diese Bauten cont
empfehlen besonders das Gefälle von $\frac{1}{48}$. Die ausgedehn
zugscanäle in Edinburgh haben zum Theil viel stärkere
sogar bis auf $\frac{1}{7}$, und man betrachtet dort als sehr vor

nigen, die zwischen $\frac{1}{60}$ und $\frac{1}{100}$ liegen. Es lassen sich
ssen da, wo die Stadt in einem fast horizontalen Flussthale
ut ist, diese starken Gefälle nicht darstellen, und man muss
nn auf andere Art die Reinigung zu bewirken suchen. In
lon geschieht dieses durch den verschiedenen Wasserstand
er Themse bei Fluth und Ebbe. Man lässt nämlich das
wasser in die Abzugscanäle hineintreten und hält dasselbe
, indem man die Schütze an den Mündungen schliesst, bis
niedrigste Ebbe eingetreten ist. Werden sie alsdann geöff-
so stürzt das Wasser mit Heftigkeit heraus und der starke
m spült den Niederschlag fort. Auf solche Art wird das
beschwerliche Reinigen der Canäle durch Handarbeit fast
umgangen, und nur wenn durch die Zuflussöffnungen sich
starker Geruch verbreitet, so dringen die Nachbarn auf Rei-
ng, die alsdann vorgenommen werden muss.

Die Abzugscanäle erhalten in England fast immer solche
nsionen, dass sie bequem begangen werden können. Fig.
zeigt zwei Profile derselben, nämlich *a* ist das für den West-
ter-District vorgeschriebene Profil, sobald der Canal mehr
ine Strasse reinigen soll und *b* dasjenige für den District
orn und Finsbury. In Paris muss die Reinigung dieser
le namentlich in der Nähe der Seine viel häufiger durch
larbeit vorgenommen werden; die grösseren haben daselbst
Fig. 115 dargestellte Profil, doch giebt es auch viele klei-
, die nur 1 Meter oder 3 Fuss 2 Zoll hoch sind, deren Rei-
ng aber theils wegen der geringen Höhe, und theils wegen
Mangels an frischer Luft sehr beschwerlich ist. Die Pariser
gscanäle sind übrigens gemeinhin auf einer Bétonfundirung
hen Bruchsteinen ausgeführt, während man sie in London
hart gebrannten Steinen erbaut. Wo aber das Wasser in
ser Masse hineingeleitet wird, trifft dieses immer auf beson-
feste Werkstücke, die dem Stosse sicher widerstehn können.

Sehr wichtig ist die Art der Zuleitung des Wassers in diese
äle, und zwar ebensowohl von den Strassen aus, als aus dem
rn der Häuser. Gewöhnlich ergiessen sich die gepflasterten
nen durch gusseiserne Roste in sie. Ein solcher Rost, wie
n England üblich ist, ist Fig. 116 *a* in der Ansicht von oben
b im Durchschnitte dargestellt. Er bildet oben eine concave

Fläche, welche der Sohle der Rinne entspricht, und ruht auf
einem Rahmen von Werkstücken. Zuweilen lässt man auch das
Wasser nicht unmittelbar in die Abzugscanäle, sondern wi
Fig. 117 *a* und *b* im Grundrisse und im Durchschnitte zeigt, i
Schlammkasten treten, worin die schweren Stoffe niederschlage
und woraus nur das reinere Wasser abfliesst. Diese Anordnun
kommt jedoch nicht häufig vor, sie hat auch den Nachtheil, das
die Reinigung der Schlammkasten für die Nachbarschaft höch
unangenehm ist und gerade denjenigen Uebelstand herbeifüh
den man vorzugsweise vermeiden will. Fig. 118 zeigt die
Paris gewöhnliche Zuleitung des Wassers, wobei gleichfalls
Rost angewendet ist. Derselbe ruht zunächst auf einem hölz
nen Rahmen, und dieser liegt auf einem grossen quadratis
bearbeiteten Werkstücke, welches mit einer dem Roste entsp
chenden Oeffnung versehn ist. Das Strassenpflaster ist rings
angeschlossen, und giebt der Rostplatte die nöthige Haltu
Es ereignet sich indessen häufig, dass die Oeffnungen im R
durch Stroh und andere vom Wasser herbeigeführte Körper
stopft werden. In dieser Beziehung giebt man den breiten E
mündungen unter den Trottoirs den Vorzug, wie eine sol
Fig. 119 *a* und *b* in der Ansicht und im Durchschnitte gezei
net ist. Es ist dabei nur zu erwähnen, dass statt der St
hier eine gusseiserne Platte das Trottoir bildet.

Die Abzugscanäle liegen gemeinhin in der Mitte der Stra
doch sind sie zuweilen auch unter den Trottoirplatten angebra
besonders wenn sie nicht tief sind. In den englischen Stä
kommt das Letzte nicht leicht vor, denn das Trottoir wird
Theil des Hauses betrachtet, und der Raum darunter ist Kel
raum, der zur Aufbewahrung der Kohlen benutzt wird; über
liegen die Canäle hier so tief, dass ihre Sohle sich mindest
4 Fuss unter dem gepflasterten Boden der Souterrains befin
Man entfernt dadurch jede Gefahr eines Durchsickerns in
Souterrains und braucht keine besondere Vorsicht auf die Was
dichtigkeit der Canäle zu verwenden; es kommt sogar vor,
man ihren Boden und ihre Widerlagsmauern mit offenen Fu
ausführt, es scheint indessen zweifelhaft, ob dieses angeme
ist, denn wenn sich das Wasser in den Erdboden hineinzi
so werden die Unreinigkeiten um so weniger fortgespühlt.

nassem Boden kann freilich gerade durch dieses Verfahren die Wassermenge, welche der Canal abführt, vermehrt werden, und man erreicht ausser der bessern Reinigung desselben auch noch den Vortheil, dass die Souterrains alsdann trocken bleiben. Die Beschaffenheit des Bodens ist daher bei der Wahl der Constructionsart zu berücksichtigen.

Durch die erwähnte tiefe Lage sind diese Abzugscanäle nicht so leicht zu öffnen, als wenn sie nur durch die Trottoirplatten bedeckt wären, und man muss daher für die nöthige Anzahl von Einsteigeöffnungen sorgen. In London finden sich solche wirklich in Entfernungen von durchschnittlich 15 Ruthen, und sie werden gebildet durch gemauerte Schachte, die an der Seite des Canales herabgeführt und mit diesem durch Gallerien verbunden sind. Gusseiserne oder Steinplatten, die meist im Trottoir liegen, verschliessen die obern Mündungen dieser Oeffnungen. Wenn die Abzugscanäle sich nicht unter den Strassenrinnen hinziehn, so kann man das Wasser auch nicht unmittelbar hineinleiten, wie dieses Fig. 118 dargestellt ist; bei grösserer Breite derselben vermeidet man es auch gern, in der gewölbten Decke eine Oeffnung anzubringen. Die gemauerte Abfallröhre wird vielmehr schräge herabgeführt und mündet von der Seite und zwar in der Höhe von 1 oder 2 Fuss über der Sohle in den Canal. In Paris hat man in diesem Falle auch gusseiserne Abfallröhren von 10 Zoll Weite benutzt. Gewöhnlich erreichen die Abfallröhren von beiden Seiten auf dem kürzesten Wege den Canal, doch zuweilen ist dieses wegen besonderer Umstände nicht möglich, und alsdann kann man sie auch in der Art verbinden, wie Fig. 120 dargestellt ist.

Was die Ableitung des Spühlichts aus den Gebäuden in die Abzugscanäle betrifft, so findet bei einer tiefen Lage der letztern in dieser Beziehung keine Schwierigkeit statt. Es wird in den englischen Städten nur darauf gehalten, dass diese Seitencanäle auch ein gehöriges Gefälle haben und mindestens $1\frac{1}{2}$ Fuss über der Sohle des Hauptcanals ausmünden. Dadurch wird bei einer etwanigen Ansammlung von Schmutz ein Zurücktreten desselben in die sehr engen und daher schwer zu reinigenden Seitencanäle vermieden. Wenn letztere mit Abtritten in Verbindung stehn, so gilt dieselbe Regel.

Durch diese Seitencanäle dringt indessen zuweilen von den

Hauptcanälen ein starker Geruch in die Häuser, und ausserdem haben sie den Nachtheil, dass die Ratten, die sich in jenen in grosser Anzahl aufhalten, auch in die Häuser kommen. Um beides zu vermeiden, versieht man die kleinen Zuleitungscanäle an ihren untern Mündungen mit gusseisernen Klappen, die am obern Ende durch eine horizontale Axe gehalten werden; sie öffnen sich also nur, wenn das vom Hause aus eingegossene Wasser sie aufstösst und schliessen sich darauf von selbst. Dieses Mittel ist indessen sehr unsicher und giebt leicht zu einer vollständigen Verstopfung der Zuleitungsröhre Veranlassung. Vortheilhafter erscheint dagegen die in Fig. 120 dargestellte Anordnung, welche in England häufig vorkommt. Die Zuleitungsröhre *A* geht nämlich nicht ohne Unterbrechung mit gleichem Gefälle fort, sondern ist an einer Stelle gesenkt, worin also das Wasser zurückgehalten wird, und eine Zunge, die aus einer Steinplatte besteht, tritt von der Decke bis unter das Niveau des hier gesammelten Wassers herab. Dadurch wird die Röhre luftdicht geschlossen und auch die Ratten sollen nicht leicht hindurchgehn. Ein Uebelstand hierbei möchte nur der sein, dass diese Vertiefungen wie Schlammkasten wirken, und wenn daher nicht starke Strömungen hindurchgehn, so muss die Reinigung derselben oft vorgenommen werden. Zur Erklärung der letzten Figur mag hier noch angeführt werden, dass *B* das Trottoir und *C* der darunter befindliche Kohlenkeller ist. *D* ist dagegen ein oben offener Graben, der das Haus von der Strasse trennt; er giebt Gelegenheit, die Küche *E* und die sonstigen Räume des Souterrains zu erleuchten und gewährt manche andre Vortheile, wohin namentlich der gehört, dass die Kohlen gar nicht durch das Haus getragen, sondern hier unmittelbar herabgeworfen werden können. Bei den neuen Strassen in London ist dieses die gewöhnliche Einrichtung. Schliesslich wäre noch zu erwähnen, dass man in neuster Zeit in England die Wirksamkeit dieser Canäle mit viel grösserer Aufmerksamkeit überwacht, als früher geschah, und dass Einrichtungen empfohlen und angeordnet werden, wodurch die Verunreinigung der öffentlichen Canäle, namentlich durch gröbere Stoffe, verhindert wird.

Vierter Abschnitt.

twässerungen u. Bewässerungen.

§. 25.

Vorarbeiten.

der unregelmässigen Gestaltung der Erdoberfläche kann es fehlen, dass das Wasser stellenweise mehr oder weniger ckgehalten wird, indem nicht überall ein freier Abfluss ihm net ist. Einzelne tiefe Bassins bleiben als Binnen-Seen rnd gefüllt, und andrerseits wird in manchen Gegenden der n nie so trocknen, dass er als Ackerland oder auch nur als e benutzt werden könnte. Die Entwässerungen, von denen die Rede ist, beziehn sich zuweilen auf den ersten Fall, oder die Ablassung von Seen, vorzugsweise aber auf die Trocken-ng von Sümpfen. Letztere von sehr verschiedener und häufig grosser Ausdehnung bilden meist ebene, beinahe horizontale hen. Oft sind sie aus Seen entstanden, welche durch das rial, das Bäche und Flüsse ihnen zuführten, sich nach und angefüllt haben. Indem das Wasser, welches darüber fliesst, nders die vorhandenen Vertiefungen verfolgt, und diesen vor-weise neues Material zuführt, so bildet sich von selbst die e Oberfläche aus, die auch bei fernerer Erhöhung sich immer Neuem wiederherstellt, und eben deshalb einer natürlichen ässerung entbehrt. Häufig ist der Untergrund dieser sum-n, oder stets mit Wasser bedeckten Ebenen ein an sich sehr htbarer Boden, und alsdann ist der Gewinn bei ihrer Ent-erung oder ihrer Melioration ausserordentlich gross. Dabei meist noch ein zweiter, eben so wichtiger Vortheil erreicht, nders wenn die Sümpfe grosse Ausdehnung haben: die ganze he nebst ihren Umgebungen wird nämlich von den der Ge-lheit so nachtheiligen Ausdünstungen befreit, und grosse Land-ken sind durch Anlagen dieser Art zuweilen bewohnbar gemacht

worden. In beiden Beziehungen stehn die Meliorationen mit den wichtigsten Interessen der menschlichen Gesellschaft in unmittelbarer Verbindung.

Die Erfolge der Meliorationen haben vielfach den Erwartungen vollständig entsprochen, wie zahlreiche Beispiele in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und namentlich in Italien zeigen. Nichtsdestoweniger stellen sich ihrer Ausführung und selbst ihrer Wirksamkeit häufig eigenthümliche Schwierigkeiten entgegen, die man bei andern hydrotechnischen Anlagen nicht antrifft, und gerade hier wiederholen sich besonders häufig die Klagen über unzureichende Erfolge und unerfüllte Erwartungen. Der Grund davon ist aber gewöhnlich allein in der vielfachen Berührung des Privatinteresses zu suchen. Wenn eine grosse Anzahl von Grundbesitzern die Anlage- und Unterhaltungskosten nach Maassgabe des zu hoffenden, oder des wirklich erzielten Vortheiles unter sich vertheilen, so fürchtet ein jeder seine Zufriedenheit auszusprechen, und die ganze Anlage erscheint, wenn man hiernach urtheilen will, durchaus missglückt, bis endlich nach Jahren die allgemeine Zunahme des Wohlstandes das Gegentheil beweist.

Zuweilen ist freilich die blosse Entwässerung eines Sumpfes nicht nur ohne Nutzen, sondern sogar nachtheilig. Der lockere aus Sumpfpflanzen aufgewachsene Boden braucht eine starke Feuchtigkeit, wenn er irgend etwas hervorbringen soll, und es ereignet sich wohl, dass dieselben Wiesen, welche gewöhnlich keinen Ertrag geben, weil sie zu lange mit Wasser bedeckt bleiben, sehr trockenen Jahren wegen Mangels an Wasser kein Heu lie- Wenn man in solchem Falle allein die Klagen berücksichtig- welche in nassen Jahren erhoben wurden, so wird leicht die Beförderung des Abflusses und durch die Senkung des Gr- wassers oder des Wasserspiegels in den Abzugsgräben die Ge- noch unfruchtbarer, als sie früher war. Auch darf man bei lagen dieser Art den Einfluss auf die Umgebungen nicht a- Acht lassen, indem z. B. bei Ablassung eines Sees leich- umliegenden Wiesen ihren Ertrag verlieren. Am sicherste- gegnet man solchen Uebelständen, wenn in der ganzen A- nicht nur die **Entwässerung** berücksichtigt, sondern auch **Bewässerung** eingeführt, oder wenigstens möglich gemacht die zur Erzielung des ganzen Vortheiles beinahe immer nothw-

und welche man in neuerer Zeit auch jedesmal damit zu ver-
en pflegt.

Demnächst tritt den Meliorations-Anlagen, besonders wenn
sich auf grössere Flächen beziehn, häufig noch die Besorgniss
egen, dass die untern Gegenden dabei leiden möchten. So
e nämlich für die Trockenlegung des Sumpfes nicht gesorgt
so giessen die Flüsse, die denselben bilden, bei ihrer An-
wellung alles Wasser hinein, und da dieses sich daselbst weit
breitet, und keinen leichten Abfluss findet, so meint man ge-
nlich, dass die unterhalb liegenden Flussthäler zwar längere
t hindurch, aber doch weniger hoch inundirt werden, als wenn
nöthigen Abzugsgräben eröffnet sind, durch welche ein schneller
fluss dargestellt wird. Man hört diese Ansicht oft aussprechen,
ein es ist keine Erfahrung nachzuweisen, wodurch sie bestätigt
rde. Als dem Chiana-Flusse im Anfange dieses Jahrhunderts
regelmässiger Lauf gegeben und die Entwässerung seines
rüchtigten Thales (wovon später ausführlich die Rede sein soll)
rgenommen wurde, sprach man in Florenz diese Besorgniss aus;
zeigte sich auch wirklich, dass dieses Thal sonst 10 bis 15 Tage
ng die höheren Fluthen zurückhielt, während es dieselben später
schon in 2 bis 3 Tagen ablaufen liess, aber nichts desto weniger
haben nach Manetti's und Fossombroni's Mittheilungen seit eben
dieser Zeit im Arno nie solche hohe Anschwellungen statt gefun-
den, wie früher. Der Einfluss der Entwässerung ist also in diesem
Falle nicht nachtheilig gewesen. Dasselbe hat sich auch in vielen
ähnlichen Fällen gezeigt, und die Erscheinung erklärt sich eines
Theils dadurch, dass nach den bekannten Gesetzen der Bewegung
es Wassers in Flussbetten die doppelte Wassermenge keineswegs
ine doppelt so hohe Anschwellung erzeugt, andern Theils muss
an aber auch annehmen, dass in den gehörig angeordneten und
äftigen Abzugsgräben der Abfluss schon weit früher beginnt,
d sonach schon vor dem Eintritt der höchsten Anschwellung
sse Wassermassen abgeführt sind, welche diese sonst verstär-
würden.

Der hohe Wasserstand, den man durch die Entwässerung
r Niederung in derselben entfernen will, kann entweder durch
ursprüngliche Gestaltung der Erdoberfläche veranlasst sein,
dieses bei den meisten von der Natur gebildeten Seen der

Fall ist, oft ist aber auch eine Folge von künstlichen
und namentlich von Mühlen, und endlich wird er nich
durch die natürliche Erhöhung der Fluss- und Bach
verursacht. Der letzte Fall verdient eine besondere Erw
Alle Flüsse und Bäche führen nämlich eine Menge S
anderes Material mit sich, das sie an den Stellen, wo d
mung mässig wird, fallen lassen. Dieses geschieht vorz
zur Zeit des Hochwassers, und wenn später das Wass
und die Kraft des Stromes abnimmt, so wird er durch
Ablagerungen in seinem Bette zurückgehalten, und er mu
aufstauen, damit das Wasser die nöthige Druckhöhe er
entweder darüber fortzufliessen, oder sich ein anderes
bilden. Am stärksten pflegen diese Ablagerungen in den
mungen zu sein. Das Hochwasser verlässt hier das ei
Bette und folgt in gerader Richtung dem Flussthale; wo
eine Vertiefung berührt, da lässt es vorzugsweise die St
len, die es mit sich führte. So erhöht sich stellenw
Bette und der Wiesengrund wächst besonders da stark
wo das Hochwasser am stärksten strömt. Diese Verände
Oberfläche des Flussthales hat wieder Einfluss auf die S
des Hochwassers; dasselbe findet bald in einer andern
eine grösse Tiefe vor, und indem es dieser folgt, so
Erhöhung des Bodens hier wieder ebenso vor sich, wie f
der ersten Stelle. Auf solche Art wächst ein Theil des
nach dem andern empor, und indem das Wasser immer
sten Niederungen verfolgt und diese erhöht, so bildet s
überraschende Gleichmässigkeit in der Ablagerung. Eine
Versumpfung würde demnach in einem Thale, welches hi
des Gefälle hat, gar nicht vorkommen, wenn sie nicht
durch künstliche Anlagen herbeigeführt würde. Nur b
Boden, der geringen Werth hat, bleibt der Besitzer dess
ruhiger Zuschauer der natürlichen Veränderungen des Flu
sobald Ackerbau, oder auch nur eine geregelte Grasnutz
geführt ist, so werden die Versandungen, die dem Str
Hochwassers folgen und welche grossentheils die Erhöh
Flussthales bilden, sehr nachtheilig. Man verhindert dies
man durch Deiche die Aecker und Wiesen abschliesst, un
sich durch Ausdeckung der Ufer den Fluss in dem Bett

halten, worin er sich gerade befindet. Auf solche Art wird die natürliche und regelmässige Umformung der Oberfläche unterbrochen, die Erhöhung des Flussbettes und der Ufer wird aber nicht gehemmt, sondern nur auf einen kleinen Theil des Thales beschränkt, und es bleiben alsdann die vor der Ueberströmung geschützten Aecker und Wiesen in ihrer dermaligen Höhe, während das Flussbette mit seinen nächsten Umgebungen immer höher anwächst, so dass es bald das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, welches sich in jenen ansammelt. Auf solche Art haben die Niederungen an den Mündungen grosser Ströme ihre natürliche Entwässerung verloren, und auch bei kleineren Flüssen und Bächen bilden sich zuweilen aus diesem Grunde Versumpfungen. In vielen Fällen kann man dieselben schon beseitigen, und dem eingedeichten Lande die natürliche Entwässerung wiedergeben, wenn man die Krümmungen im Flusslaufe durchsticht, oder andre durchgreifende Correctionen ausführt.

Häufiger giebt das Zusammentreffen zweier Wasserläufe Veranlassung zur Entstehung der Sümpfe. Wenn ein Bach in einen Fluss mündet und letzterer sein Bette nach und nach erhöht, so schwillt auch der erste in demselben Maasse an, wie der Wasserstand des Flusses am Vereinigungspunkte zunimmt, der Fluss kann aber in das inundirte Thal des Baches keinen Sand, noch auch sonstiges schweres Material hineinführen, weil er dasselbe nicht durchströmt. Ein Emporwachsen der Thalsohle bleibt also nur alsdann möglich, wenn der Bach das Material dazu eben so reichlich liefert, wie der Fluss solches in seinem Thale absetzt: geschieht dieses nicht, so verliert das Thal des Baches die natürliche Entwässerung und verwandelt sich in einen Sumpf, oder einen See. Dasselbe geschieht auch, wenn der Fluss, der sein Bette stark erhöht, eine natürliche Niederung trifft, die sich nach einer Seite so weit ausdehnt, dass wegen der grossen Entfernung von der Hauptrichtung des Flusses die Bildung einer starken Strömung und sonach die natürliche Erhöhung daselbst unmöglich wird.

Endlich werden Versumpfungen noch häufig dadurch erzeugt, dass die Mündungen von grösseren und kleineren Flüssen und selbst von Bächen, die sich in das Meer ergiessen, nicht offen [bleib]en. Zwei verschiedene Ursachen bewirken ihre Sperrung.

Eines Theils wirft der Wellenschlag bei heftigen Winden aus dem Meere grosse Sandmassen in sie hinein, und wenn sie dadurch auch nicht vollständig geschlossen werden; so verlegen sie sich, der Richtung des Windes und des Küstenstromes folgend, weit seitwärts, so dass der Abfluss des Wassers durch die Verlängerung des Laufes erschwert wird. Findet dagegen kein Küstenstrom statt, und trifft zugleich kein heftiger Wellenschlag die Mündung, so schlägt sich das Material, welches der Fluss mit sich führt, unmittelbar davor nieder. Hieraus bildet sich nach und nach ein Vorland, oder die Ufer dehnen sich seewärts aus und der Fluss wird länger. Indem derselbe aber auch in dieser neu hinzugekommenen Strecke eines gewissen Gefälles bedarf, so erhöht sich sein Wasserspiegel weiter aufwärts, oder die daneben liegenden Ufer verlieren, wenn sie schon niedrig waren, ihre natürliche Entwässerung.

Die an den Mündungen der meisten grösseren Ströme befindlichen Niederungen sind wahrscheinlich auf diese Art entstanden, wenn gleich manche Veränderungen, die seitdem eingetreten sind, heut zu Tage ihre Bildung nicht erlauben würden. Wenn keine heftige Küstenströmung statt findet, so bemerkt man auch jetzt noch, dass die Mündungen der Flüsse sich von Jahr zu Jahr weiter herausziehn. So rückte die Mündung des Po nach einer Mittheilung, die Prony hierüber macht, vom 12ten bis 17ten Jahrhunderte jährlich um 6½ Ruthen vor, seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts ist das Fortschreiten aber viel stärker geworden und beträgt jährlich sogar 18½ Ruthen. Ebenso zeigt eine Vergleichung der älteren und neueren Charten der Nogat (eines Armes der Weichsel, der ohnfern Elbing in das Frische Haff mündet), dass deren Mündung von 1714 bis 1794 jährlich um 6¾ Ruthen, von 1794 bis 1838 aber jährlich um 11½ Ruthen vorrückte.

Der Grund, weshalb in neuerer Zeit diese Verlandungen schneller eintreten, und deshalb die Versumpfungen jetzt stärker werden, als früher, ist in der Zerstörung der Waldungen und in der Ausdehnung des Ackerbaues zu suchen. So lange nämlich der Boden seinen natürlichen Schutz im Rasen und Strauche und in den Bäumen fand, die fest darin wurzelten, so wurde das Wasser, welches bei einem starken Regen darauf niederfiel, nicht nur zurückgehalten, so dass es sich nur langsam in den Betten der

ache und Flüsse ansammeln konnte, sondern bei den vielen indernissen, die es auf diesem ersten Wege antraf, bewegte es ch auch so sanft und berührte so wenig den nackten Boden, ass es von diesem die Erde und den Sand nur selten lösen und it sich führen konnte. Nachdem aber die Waldungen grossen heils verschwunden sind und die Oberfläche in Ackerland ver-andelt ist, wobei man immer für einen leichten Abfluss sorgt, stürzt das Wasser bei starkem Regen sogleich den Bach- und lussbetten zu und reisst von dem aufgelockerten Boden grosse rdmassen mit sich, welche jene Versandung und Verlängerung er Flüsse erzeugen. Der nachtheilige Einfluss dieser Verände-ungen giebt sich aber auch noch auf andere Art zu erkennen. anche Berge, die früher mit Waldungen bedeckt waren, sind urch Zerstörung derselben und durch den Versuch, die Flächen ls Ackerland zu benutzen, von aller fruchtbaren Erde so ent-lösst, dass keine Schonung mehr darauf gedeiht. Dieses ist an inigen Theilen der Apenninen der Fall und auch in Deutschland ehlt es nicht an ähnlichen Beispielen. Es bedarf übrigens kaum er Erwähnung, dass diese Veränderung der Erdoberfläche nicht ur auf die Verlängerung der Flussläufe, sondern auch auf die Erhöhung ihrer Betten hinwirkt und sonach auch zur Entstehung ener Art von Versumpfungen im hohen Grade beiträgt, deren chon oben Erwähnung geschehn ist.

Im Vorstehenden sind die verschiedenen Ursachen der Ver-umpfungen zusammengestellt, doch können die Methoden zur Beseitigung derselben hier nur insofern mitgetheilt werden, als sie sich auf kleinere Wassermassen beziehn; der eigentliche Deichbau und die Trockenlegung von niedrigen Meeresküsten wird später behandelt werden.

Soll das Project zur Entwässerung eines Sumpfes oder zur Trockenlegung eines Sees aufgestellt werden, so muss man sich zunächst durch eine genaue Localuntersuchung von der Ursache der Ansammlung des Wassers Rechenschaft geben, damit einer ferneren Einwirkung derselben gehörig vorgebeugt werden kann. Demnächst ist eine genaue A u f n a h m e d e s T e r r a i n s erforderlich. Dabei tritt die Schwierigkeit ein, dass die Fläche nicht überall zugänglich ist, und da es nicht genügt, die Grenze der ganzen versumpften Gegend, sondern auch alle darin belegenen

Vertiefungen und Erhebungen auf der Charte zu bezeichnen, muss man eine Methode wählen, wobei man die Messkette bei ganz entbehrt und durch Winkelmessungen von einem einzi Punkte aus schon in den Stand gesetzt wird, die Lage di Punktes genau zu bestimmen.

Hierzu empfiehlt sich zunächst die unter dem Namen Potenotschen Aufgabe bekannte Methode, mittelst deren man Lage eines Punktes finden kann, wenn man von demselben die beiden Winkel zwischen drei ihrer Lage nach bekannten dern Punkten gemessen hat. Die Formeln, wonach die Rechn am leichtesten geführt werden kann, sind, wenn man die Pu durch rechtwinkelige Coordinaten bestimmt, folgende: *)

x, x' und x'' seien die Abscissen der drei bekannten Punkt

y, y' und y'' die Ordinaten derselben,

β und β' die gemessenen Winkel zwischen dem ersten und zw und dem zweiten und dritten Punkte, und

X und Y die gesuchte Abscisse und Ordinate des Punktes welchem die Winkel β und β' gemessen sind.

Man berechnet zunächst die folgenden Hülfsgrössen

$$tgt\,\varrho = \frac{y'-y}{x'-x}$$

$$tgt\,\varrho' = \frac{y''-y'}{x''-x'}$$

$$c = \frac{y'-y}{Sin\,\varrho} = \frac{x'-x}{Cos\,\varrho}$$

$$b = \frac{y''-y'}{Sin\,\varrho'} = \frac{x''-x'}{Cos\,\varrho'}$$

$$tgt\,\lambda = \frac{c\,.\,Sin\,\beta'}{b\,.\,Sin\,\beta}$$

$$\psi + \varphi = 180 + \varrho' - \varrho - \beta' - \beta$$

$$tgt\,\tfrac{1}{2}\,(\psi - \varphi) = tgt\,\tfrac{1}{2}\,(\psi + \varphi).\,Cotg\,(45 + \lambda)$$

Daraus findet man ψ und φ, und hiernach

$$\alpha = \psi + \varrho - 180$$

$$\alpha'' = \varrho' - \varphi$$

$$\alpha' = \alpha'' - \beta' = \alpha + \beta$$

ferner $$n = \frac{b\,.\,Sin\,\varphi}{Sin\,\beta'} = \frac{c\,.\,Sin\,\psi}{Sin\,\beta}$$

---

*) Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung von G. H Berlin 1837. S. 105.

[illegible]dlich erhält man

$$X = x' - n \,.\, Cos\, \alpha'$$
$$Y = y' - n \,.\, Sin\, \alpha'$$

[illegible] Anzahl der Formeln ist nur deshalb so gross, weil sie zur [illegible]arithmischen Berechnung dienen sollen. Ueberdies geben sie, [illegible]nn man sie sämmtlich benutzt, schon eine Controlle der Rechnung, und wenn man die drei Signalpunkte zur Bestimmung [m]ehrerer Stationspunkte benutzt, so darf ein Theil der Rechnung [nu]r einmal ausgeführt werden. Bezeichnet man nämlich mit A, [B] und C die drei zum Grunde gelegten Punkte, so dass für A [die] Coordinaten x und y, für B die x' und y' und für C die [x''] und y'' gelten, und nennt man ausserdem den vierten Punkt, [de]ssen Lage man sucht, D, so ist

$\beta = A\,D\,B$

$\beta' = B\,D\,C$

ϱ ist das Azimuth der Linie $A\,B$

ϱ' das der Linie $B\,C$

c die Länge der Linie $A\,B$

b die der Linie $B\,C$

[un]d endlich sind α, α' und α'' die Azimuthe der Linien $D\,A$, [D] B und $D\,C$.

Gewöhnlich legt man nicht nur drei, sondern eine grössere [A]nzahl von Punkten zum Grunde, die ihrer Lage nach bekannt [si]nd, und von jedem einzelnen Stationspunkte aus wird nach so vielen [de]rselben visirt, als man deren sehn kann. Man erlangt dadurch [de]n Vortheil, dass grössere Fehler der Messung sich sogleich zu [er]kennen geben und man dem Einflusse derselben sich entziehn [ka]nn; auf welche Art man aber bei gleichmässiger Benutzung [d]er Messungen das wahrscheinlichste Resultat darstellt [un]d die Sicherheit desselben beurtheilt, ist in dem angeführten [W]erke mitgetheilt.

Liegen die drei Signalpunkte A, B und C in einer geraden [L]inie, und wählt man diese zur Abscissenlinie so wie den Punkt B [zu]m Anfangspunkte der Abscissen, so werden die Grössen y, y', [y''] und x' gleich Null, wodurch die obigen Formeln sich merklich [v]ereinfachen. Diese Anordnung wird von Prony empfohlen, einige [E]rleichterung in der Rechnung darf man aber immer nicht als [w]esentlichen Vorzug einer Methode betrachten, denn es ist weit

wichtiger, die Hauptpunkte recht angemessen zu wählen, so dass sie überall bequem und deutlich gesehn werden können, sie auch eine solche Lage haben, dass der Einfluss kleiner Beobachtungsfehler auf das Resultat möglichst geringe bleibt.

Diese Methoden können indessen immer nur dazu dienen einige Punkte im Sumpfe festzulegen, die man bei der weitern Vermessung aufs Neue benutzen will und deren Lage man daher genau kennen muss. Das Detail der Aufnahme wird aber ohne Rechnung durch unmittelbare Auftragung vollendet. Man braucht also für die letzte Operation nur den Messtisch oder die Boussole. Mit dem Messtische lässt sich auch direct die Potenotsche Aufgabe lösen, doch ist diese Methode wegen der Hülfslinien, welche leicht die Zeichnung undeutlich machen und leicht zu Irrungen Veranlassung geben, weniger bequem als die indirecte Methode. Häufig wird die Boussole angewendet, und da mittelst derselben die Richtung jeder Linie, in der man visirt, gegen den magnetischen Meridian bestimmt wird, so erreicht man den Vortheil, dass man schon durch Visiren nach zwei bekannten Punkten die Lage des Stationspunktes bestimmen kann und die Benutzung eines dritten Punktes bereits zur Controlle dient.

Einen Theil dieser Messungen muss man gewöhnlich mit Instrumenten ausführen, die keiner festen Aufstellung bedürfen, indem der Boden entweder so nachgiebig ist, dass man den Theodolith in seiner Lage nicht sicher erhalten kann, oder man sogar gezwungen ist, auf Nachen die Tiefen- und zugleich auch die Winkelmessungen vorzunehmen. Man ist alsdann auf den Spiegel-Sextant und ähnliche Reflections-Instrumente beschränkt, doch muss man dabei jedesmal untersuchen, ob die gemessenen Winkel auch wirklich nahe genug im Horizonte liegen. Bei der Aufnahme so ebener Gegenden, wie Sumpfflächen zu sein pflegen, ist diese Bedingung nicht schwer zu erfüllen, doch kann man zur Erlangung einer grössern Genauigkeit die Hauptpunkte, die in diesem Falle am besten durch Kugeln, ähnlich den Thurmknöpfen, markirt werden, nicht nur in ihrer horizontalen Projection, sondern auch ihrer Höhe nach bestimmen. Misst man alsdann zwischen dreien solcher Punkte die drei schrägen Winkel, so findet man daraus nicht nur die Lage des Stat
sondern auch seine Höhe in Vergleich zu der der

letzte Bestimmung wird aber in diesem Falle viel ungenauer als wenn man ein gewöhnliches Nivellement ausführt. Endlich man zur Messung der Details noch mit grossem Vortheil Schmalkaldensche Boussole anwenden, die einer festen Aufang nicht bedarf und bei der man, während man sie in der d hält, zugleich das Einschneiden des Pferdehaares wahrnimmt den Boussolengrad abliest.

In den obigen Formeln und allen hier angegebenen Operan ist die Krümmung der Erdoberfläche ausser Betracht gesen, und dieses kann auch geschehn, insofern es sich nur um Aufnahme kleinerer Flächen handelt. Sollte dagegen die dehnung des zu vermessenden Landstriches so gross sein, s man die Correctionen wegen der sphärischen Oberfläche nicht nachlässigen darf, so sind dieselben schon bei der Bestimmung Coordinaten der Hauptzwischenpunkte einzuführen.

Die Ermittelung der Höhenlage des Bodens ist am leichen, wenn die zu entwässernde Fläche ein See ist, das heisst, nn sie so hoch mit Wasser bedeckt ist, dass dasselbe eine rizontale Oberfläche annimmt. In diesem Falle verwandelt sich s Nivellement in eine blosse Peilung oder Tiefenmessung. eräber wird bei Gelegenheit der hydrometrischen Messungen, e den Strom-Correctionen vorangehn, ausführlich die Rede sein. t dagegen der Sumpf ganz oder doch stellenweise stark verachsen und dadurch der Wasserspiegel vielfach unterbrochen, ler wenn eine merkliche Strömung sich irgendwo darin zu erennen giebt, so bildet die Wasserfläche nicht mehr eine horizontale bene. Man kann alsdann die Ausführung eines Nivellements icht umgehen, und zwar muss man sich, da hier eine grosse enauigkeit nothwendig ist, eines guten Instrumentes mit Fernrohr nd Libelle bedienen. Es fehlt aber gemeinhin an der nöthigen nzahl von Punkten, die fest genug sind, um das Instrument mit icherheit darauf stellen zu können, man muss sie daher wählen, ie sie sich gerade vorfinden, oder auch wohl durch Rüstungen e künstlich bilden, und von diesen aus die Höhenlage des umebenden Bodens an fest eingestossenen Visirlatten bestimmen. *)

*) Die Rücksichten, die zur Erlangung sicherer Resultate bei einem ivellement zu nehmen sind, habe ich in dem angeführten Werke über ahrscheinlichkeitsrechnung im 5. Abschnitte ausführlich behandelt.

Es giebt noch andere Methoden, um die Höhe der Stat
punkte zu finden, wie z. B. die bereits erwähnte, wonach
die schrägen Winkel zwischen drei bekannten Punkten n
Prony empfiehlt ein anderes Verfahren, nämlich an einem h
und lothrecht aufgerichteten Maste zwei scharf markirte K
(etwa Kugeln) so zu befestigen, dass der eine möglichst
sich befindet, und der andere so tief liegt, dass er nur
von den Stationen aus noch gesehn werden kann. Misst
nun von einer der letzteren die Elevationswinkel der beiden
ken, deren Abstand von einander bekannt ist, so findet
daraus nicht nur die Höhe des Stationspunktes im Vergl
zu diesen, sondern auch seine horizontale Entfernung; hat
aber den Verticalkreis, der hierbei benutzt wird, noch mit
Boussole verbunden, so kann man gleich aus der Beobac
dieses einzelnen Signales den geometrischen Ort und die
des Stationspunktes bestimmen. Wie bequem diese Me
auch erscheinen mag, so dürfte sie doch die Genauigkeit
erreichen lassen, die oft nothwendig ist und die man be
wendung eines guten Niveaus erwarten kann.

Die Resultate des Nivellements stehn mit der angefer
Charte in genauer Beziehung, und es kommt darauf an, si
dieser so anzudeuten, dass man ein deutliches Bild
der ganzen Höhenlage der zu entwässernden Fläche e
Durch Anfertigung besonderer Nivellements-Profile erreicht
diesen Zweck nicht. Man gewinnt keine Uebersicht, wenn
die verschiedenen Profile besonders nachschlagen muss, u
gewährt auch wenig Erleichterung, wenn letztere unmit
eingezeichnet sind, wodurch überdies die Deutlichkeit der C
zu leiden pflegt. Passender ist es, die Höhenlage aller ge
senen Punkte über oder unter dem angenommenen Norma
zont in Zahlen einzuschreiben, und in Bezug auf die wichti
Punkte wird man dieses jedesmal thun müssen. Ein beso
klares und scharfes Bild von der Gestaltung der Oberfläch
hält man aber, wenn man in die Charte diejenigen Linien
trägt, die den Durchschnitt gewisser horizontalen Ebenen
der Oberfläche darstellen. Der höchste Wasserstand in d
entwässernden Gegend mag 20 Fuss über dem angenomm
Normalhorizonte liegen; man denke sich, dass bis zu d

he der Sumpf mit stehendem Wasser bedeckt ist, dessen Spie-
l also eine horizontale Ebene bildet, alsdann wird die Grenze
ses Wassers eine horizontale Linie sein, welche alle diejeni-
n Punkte des Terrains bezeichnet, die in der Höhe von 20
ss liegen. Ist diese Linie in die Charte eingetragen, so nehme
n an, dass das Wasser um einen Fuss sich gesenkt hat und
eder einen horizontalen Spiegel bildet, so wird die neue Grenze
e Punkte des Terrains bezeichnen, die in der Höhe von 19
ss liegen und so fort. Durch Eintragung aller dieser Linien
die Charte stellen sich die Vertiefungen und Abdachungen
raus deutlich dar, und man weiss von jedem einzelnen Punkte
it Bestimmtheit anzugeben, zwischen welchen horizontalen Durch-
hnittsebenen er liegt. Wenn man aber eine gleichmässige Ab-
chung an der fraglichen Stelle voraussetzt, die im Allgemeinen
ch meist vorhanden ist, so kann man noch in kleineren Unter-
theilungen die Höhe bezeichnen. In Frankreich ist diese Dar-
llungsart nicht ungewöhnlich, und sie kommt auch bei uns in
n Falle vor, wenn die Ausdehnung und Lage von Untiefen
grossen Wasserbassins und namentlich vor den Seehäfen an-
geben werden sollen. Sie stimmt aber wesentlich mit den
lichen Methoden der Situationszeichnung nach der Lehmann-
hen und andern Manieren überein, es fehlen nur die Berg-
iche, die jedoch eine überflüssige Zugabe sind. Lehmann
ebt ausdrücklich an, dass diese horizontalen Contouren zu-
chst gezogen werden müssen; ist dieses aber geschehn, so
die Abdachung und Alles, was man weiter bezeichnen kann,
rklich schon aufgetragen und zwar viel bestimmter und siche-
, als die Bergstriche es angeben können. Letztere verdun-
ln die Zeichnung und machen es oft schwierig, die andern
ecialien noch deutlich einzutragen, während sie es auch un-
tschieden lassen, wo oben und wo unten ist, da sie ebenso
e jene Contouren nur den Grad der Abdachung angeben. In-
n aber die Contouren, wenn die Abstände der Horizontalebenen
ssend gewählt waren, die Charte keineswegs mit Linien über-
len, so kann man leicht durch eingeschriebene Zahlen diesen
eifel beseitigen, und es lässt sich auch der Zeichnung noch
durch eine grosse Deutlichkeit geben, dass man Alles, was
h auf das Nivellement bezieht, mit anderer Farbe einträgt.

Der allgemeinen Anwendung dieser Bezeichnungsart tritt e
andere Schwierigkeit entgegen; es ist nämlich nicht leicht,
Höhenmessung so vollständig und so genau auszuführen,
diese Linien sich darstellen. Bei einem Projecte zur Entwä
rung einer sumpfigen Gegend, sowie bei Anlage von Was
leitungen und dergleichen, darf man aber diese Arbeit n
scheuen, indem eine grosse Genauigkeit nothwendig ist.
andre Zwecke, wobei es nur auf eine ungefähre Schätzung
Höhenlage ankommt, wählt man aber lieber eine Darstellu
art, die eben so ungenau ist, wie die Messung selbst.

Dass unter den Vorarbeiten, welche der Ausführung
Melioration vorangehn müssen, die Untersuchung der Besc
fenheit des Bodens inbegriffen ist, darf kaum erwähnt
den, indem hiernach sich hauptsächlich der ganze Bewirths
tungsplan richtet, und sonach der zu erwartende Nutzen
Unternehmens beinahe ausschliesslich von der Güte des B
abhängt. Diese Untersuchung hat indessen auch einen a
mehr hydrotechnischen Zweck, nämlich es fragt sich, o
Boden bei der erfolgenden Austrocknung sich bedeutend s
wird, wodurch die Abführung des Wassers um so schwi
werden würde. Bei Sand- und Kiesgrund hat man dieses
zu befürchten, bei einem stark durchweichten Thonboden i
höherem Grade, und am meisten, wenn der Boden wie ein
Torf aus durchwachsenen Wurzelfasern zusammengesetzt i
mitunter sogar auf dem Wasser schwimmt. Die zu erwa
Senkung des Bodens ist aber nicht nur von der Beschaff
des weichen Obergrundes, sondern auch von der Tiefe
Mächtigkeit desselben abhängig. Man muss also durch
versuche sich hiervon eine nähere Kenntniss verschaffen
demnächst durch ungefähre Schätzung diejenige Tiefe z
stimmen suchen, zu der die Oberfläche sich senken m
Eine sichere Regel giebt es hierüber nicht, nur über das S
den des festeren Klai- oder Marschbodens hat man einig
fahrungen gemacht. Man wird sonach wohlthun, die Di
tionen so zu treffen, dass auch bei einer Senkung, die g
ist, als man vermuthen konnte, dennoch die Abwässerung
lich bleibt.

Ferner sind die Bäche oder Flüsse, welche sich i

Sumpf ergiessen, oder dahin geleitet werden können, ein sehr wichtiger Gegenstand, und zwar kommt ausser der Höhe, in der man sie abfangen kann, auch ihre Wassermenge sowohl in der trockenen Jahreszeit, als nach heftigen Regengüssen und beim Schmelzen des Schnees in Betracht, und endlich ist in beiden Fällen noch die Beschaffenheit des Wassers zu untersuchen. Ein reines Wasser, oder ein solches, welches klar ist und worin Kalk oder Salz oder andere Bestandtheile aufgelöst sind, setzt keinen Niederschlag ab, man kann es daher durch die Entwässerungsgräben abführen, ohne befürchten zu dürfen, das dieselben dadurch verschlämmt werden. Dieses Wasser ist indessen für die Cultur weniger nützlich und kann leicht der Vegetation sogar nachtheilig werden. Die Besorgniss des Verschlämmens der Gräben tritt schon ein, wenn Theilchen von Thon oder Humus im Wasser schweben und dasselbe trüben. Solches Wasser gewährt den grossen Vortheil, dass es den Boden düngt. Endlich führen die Bäche auch Sand, Kies und Geschiebe und zwar oft in grosser Menge mit sich. Alsdann muss man sie von dem unmittelbaren Eintritte in die Entwässerungsgräben abhalten, weil dieselben dadurch verflacht werden; dieses Wasser ist dagegen bei einem besonders niedrigen Boden von der äussersten Wichtigkeit, indem es zu den sogenannten Colmationen benutzt werden kann, das heisst, man sammelt es in grossen Bassins an, worin es zur Ruhe kommt und alle erdigen Stoffe und gröbere Geschiebe fallen lässt und klar abfliesst. Auf solche Art erhöhen diese Bassins sich bald so sehr, dass ihnen die natürliche Entwässerung gegeben werden kann, die sie früher nicht hatten.

Endlich sind die meteorologischen Verhältnisse auch noch in Betracht zu ziehn. Man muss, wenn auch nur annähernd, nicht nur die Menge des jährlichen Niederschlages, sondern auch die grösste Regenmenge kennen, die an einem oder an zwei aufeinander folgenden Tagen herabgefallen ist.

Wie diese verschiedenen Untersuchungen zur Entwerfung des Projectes benutzt werden, wird sich aus dem Folgenden ergeben. Die Mittel, die man aber anwenden kann, um die Entwässerung zu bewirken, zerfallen in folgende:

1) Beförderung der Vorfluth. Dieses geschieht entweder durch Senkung des Wasserspiegels im Recipienten (d. h. in dem

Flusse oder dem See, der die Entwässerungsgräben nimmt), oder durch Beseitigung der sonstigen Hind des Abflusses.

2) Entfernung des fremden Wassers von der zu entwä den Gegend, damit die Abzugsgräben keine andere W menge abzuführen haben, als diejenige, welche als in dem Sumpfe unmittelbar niederschlägt, oder in darin hervortritt.

3) Anlage der Entwässerungsgräben, deren angemesse ordnung und Profilirung wesentlich zum Gelingen d zen Unternehmens beiträgt.

4) Erhöhung des Bodens in dem zu entwässernden durch Colmation oder durch den Niederschlag der geleiteten Flüsse und Bäche.

Ausserdem kann man noch durch künstliche Entwä das heisst durch Anwendung von Schöpfmaschinen, das entfernen, doch kommt dieses bei solchen Meliorationen, hier die Rede ist, nicht leicht vor, und passender wir Gegenstand bei Gelegenheit der Eindeichungen an den M gen der Ströme behandelt werden. Endlich mag hier n wähnt werden, dass man zuweilen durch Anpflanzung Gewächse das Wasser zu entfernen gesucht hat, welche Quantitäten desselben consumiren. Namentlich eignen sic manche Baumgattungen, die man indessen alsdann nur als cultivirt, da das Treiben von recht vielen und kräftigen Z hierbei besonders nöthig ist. Eine zehnjährige Weide soll in sechs Tagen etwa einen Cubikfuss Wasser auf wonach die Wirksamkeit einer solchen Pflanzung allerdi achtenswerth wäre. Da man aber gewöhnlich eine an vortheilhaftere Benutzungsart des Bodens beabsichtigt, hiervon nicht leicht Gebrauch gemacht, wenn es nicht e gleich darauf ankommt, Faschinenholz für die sonstig wässerungsanlagen zu gewinnen.

Die Mittel, welche man hin und wieder anwendet, u sehr strengen, wenn auch hoch gelegenen Boden vor e starken Durchnässung zu sichern und dadurch seine Fru keit zu vermehren, was mittelst der unterirdischen Sic

r Rigolen geschieht, werden schliesslich noch bezeich-
den.

§. 26.

Beförderung der Vorfluth.

nn die versumpfte Fläche sich neben einem Flusse be-
ler durch allmälige Verlandung seines Bettes und seiner
Ufer einen höhern Wasserstand annahm und dadurch
sung zum Entstehen des Sumpfes gab, so muss man
hen, ob der Wasserstand an der Stelle des Flusses,
Abzugsgraben einmündet, wieder gesenkt werden kann.
ei anzuwendenden Mittel werden bei Gelegenheit der
rrectionen ausführlich behandelt werden, hier darf nur
davon die Rede sein, als man zuweilen die Länge des
mittelst Durchstechung der grösseren und schärferen
ngen zu vermindern im Stande ist. Gelingt es, auf
t bald unterhalb der Einmündung des Abzugsgrabens
kürzung des Stromlaufes hervorzubringen und stellt sich
neuen Flussbette beim Sommerwasser kein stärkeres
Gefälle dar, als das alte hatte, was freilich Anfangs
geschehn pflegt, so gewinnt man dasjenige Gefälle,
der früheren Mehrlänge des Flusses entspricht. Ist
s relative Gefälle $\frac{1}{2000}$, so wird man für eine Verkür-
s Stromes um 250 Ruthen an absolutem Gefälle 18 Zoll
n, oder so viel senkt sich der Wasserspiegel des Flusses
Stelle, wo er den Abzugsgraben aufnimmt. Hierdurch
sich das absolute Gefälle des Abzugsgrabens um eben
antität, letzterer wird sonach viel kräftiger wirken, und
n ihn gehörig vertieft, so wird er auch fast um eben
den Wasserspiegel im Sumpfe senken. Solche Durch-
nd aber gewöhnlich sehr kostbar, und zwar nicht nur
auf die eigentliche Ausführung, sondern auch wegen
achen Entschädigungen, die dabei vorzukommen pflegen,
serdem darf man nicht erwarten, dass der neue gerade
f ohne weitern Angriff seiner Ufer und sonach ohne
rpentinen zu bilden, sich unverändert in seinem Bette
st erhalten wird. Man kann daher von diesem Mittel

nur Gebrauch machen, wenn man im Stande ist, um ei
deutende Länge den Flusslauf zu verkürzen; ein Absch
flacher Krümmungen, wobei nur wenige Ruthen gewonne
den, gewährt einen so geringen Vortheil, dass die Kost
durch nicht gedeckt werden.

Als Beispiel von dem günstigen Erfolge einer Gerad
des Flusses, in Bezug auf die Senkung des Wassers,
müssen zunächst die grossartigen Arbeiten angeführt werd
vor mehreren Jahrzehenden am Ober-Rhein zwischen N
etwa eine Meile oberhalb Karlsruhe und der Mündung de
kenthaler Canales, eine Meile unterhalb Mannheim,
Grenze zwischen Baden und Rheinbayern ausgeführt sin
Stromlänge betrug früher 15¾ Meilen, und ist durch sie
Durchstiche auf 10 Meilen reducirt, so dass man 5¾ M
Länge gewonnen hat. Diese Durchstiche waren 1838
vollendet, doch hatten sie grossentheils noch nicht den
Strom aufgenommen und zum Theil waren sie noch n
öffnet, und dennoch zeigte sich schon der Erfolg, dass
ruhe gegenüber der Wasserstand des Hochwassers um
und der des Mittelwassers um 3 Fuss unter dem frühere
und dadurch die Entsumpfung der weit ausgedehnten n
und sehr fruchtbaren Ufer beinahe ohne weitere Anlag
selbst erfolgte. In der letzten Zeit ist für die weitere
dung der Durchstiche wenig geschehn. Ferner erwähne
Geradleitung und Aufräumung der Linth zwischen dem
städter See und dem Züricher See. Durch den sehr
und regelmässigen Canal, der das neue Bette der Lint
und eine Länge von 2¼ Meilen hat, war im Jahre 18
Wasserspiegel des Wallenstädter Sees bereits um 8 F
senkt worden, während die Senkung noch dauernd zuna

Wenn der Fluss, in welchen der Abzugsgraben mün
starkes Gefälle hat, und zwar ein stärkeres als dieser
so kann man in dem letzteren auch dadurch den Wasse
senken, dass man ihn noch eine Strecke weit stromab
leitet, ehe er einmündet. Namentlich findet dieses Mit
wendung, wenn der Fluss vielen Sand oder gröberes Ge

*) Vergl. meine Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. S

rt und man daher sein Gefälle nicht ermässigen darf. Das
sser, welches aus dem Sumpfe kommt und das eben wegen
geringen Gefälles keine starke Strömung in dem Abfluss-
ben annehmen kann, ist immer sehr rein und giebt keine
anlassung zu Versandungen; hat man daher dem Canale ein-
l ein tiefes Profil gegeben, so erhält sich dieses auch lange
t hindurch und eben deshalb ist kein starkes Gefälle zur
führung der ganzen Wassermenge nothwendig. Auf solche
kann leicht ein Abzugsgraben, der 2 bis 3 Fuss tiefer als
Fluss liegt, etwa eine Viertelmeile weiter abwärts schon in
selben sich ergiessen. In ähnlicher Weise fliessen die Elbe
die Havel zwischen Genthin und Werben etwa auf 8 Mei-
parallel neben einander. Bei Werben unterhalb Havelberg
iesst sich die Havel in die Elbe, bei Genthin aber sind beide
sse durch den Plauenschen Canal mit einander verbunden,
in diesem liegen drei Schleusen, die sämmtlich das Ober-
ser auf der Seite nach der Elbe haben, indem hier die Elbe
a 15 Fuss höher als die Havel liegt. Durch die Havel wird
ganze sehr tief gelegene Gegend zwischen Elbe und Oder
wässert, und da sie durchschnittlich auf die Meile Flusslänge
$1\frac{1}{2}$ Fuss Gefälle hat, oder dieses nur 1 : 16000 beträgt, so
sie trotz der vielen Krümmungen dennoch im Stande, schon
Werben das Niveau der Elbe zu gewinnen und darin zu
nden.

Wenn man in dieser Art den Abzugsgraben neben den Fluss
t, so kann es nicht fehlen, dass der erstere manche Bäche
uzt, die dem letzteren zufliessen. Will man diese in den
ben eintreten lassen, so wird dadurch nicht nur dessen
ssermenge vermehrt, so dass ein stärkeres Gefälle sich bildet
l sonach der Wasserstand in der zu entsumpfenden Gegend
wächst, sondern es tritt auch noch der Uebelstand ein, dass
Material, welches der Bach, wenigstens zur Zeit seiner An-
wellung, mit sich führt, das Bette des Grabens verflacht und
durch aufs Neue die Wirksamkeit der Anlage beeinträchtigt.
n muss also die beiden Wasserläufe von einander trennen
l dieses ist nur möglich, wenn man einen über dem andern
tführt. Da der Abzugsgraben beinahe auf seine ganze Länge
er liegt, als der Fluss, und dagegen der Bach höher als

dieser an derselben Stelle ist, indem er sich in ihn ergiesst, so erscheint es schon aus diesem Grunde angemessen, den Bach in einem **Brückencanale** über den Graben zu führen; es giebt aber auch noch andere Gründe, die für diese Anordnung sprechen. Insofern nämlich der Graben aus einer Ebene das Wasser abführt, wo die Zuflüsse wenig Gefälle haben und bei starkem Regen die Ufer auch bald inundirt werden, so kommen hier keine starken Anschwellungen vor, und man darf der Brückenöffnung, durch welche man ihn leitet, keine so grosse Weite geben, als möglicher Weise ein Bach erfordern würde, der in höherem Terrain entspringt und oft in kurzer Zeit hoch anschwillt. Sodann aber ist man auch häufig gezwungen, denjenigen Wasserlauf, der bei der Durchkreuzung der untere ist, noch tiefer zu senken, dieses muss sogar immer geschehn, sobald beide Wasserstände nahe in gleicher Höhe liegen. In diesem Falle würde ein Bach, der Sand und Geschiebe führt, die vertiefte Rinne bald sperren und sich alsdann in den darüber befindlichen Graben ergiessen, wogegen umgekehrt der letztere, wenn er die vertiefte Rinne durchfliesst, dieselbe offen erhält, indem sein Wasser von grobem und schwerem Material frei ist. Dennoch muss man, um ein mögliches Verstopfen zu verhindern und um häufigen Räumungen vorzubeugen, scharfe Ecken vermeiden und in sanften Krümmungen den Graben hin durchführen. Fig. 121 auf Taf. XII. zeigt das Profil, welches Guglielmini *) in dieser Beziehung empfiehlt und wobei eine stärkere Strömung die etwanigen Ablagerungen wieder von selbst entfernt. Was über die Construction von Brückencanälen zu bemerken ist, wird bei Gelegenheit der Schiffahrtscanäle, wo sie in viel grösserem Maasstabe vorkommen, mitgetheilt werden.

Da jeder Fluss gewissen **Anschwellungen** unterworfen ist und dieselben in den meisten Fällen so hoch sind, dass sie das geringe Gefälle der Abzugsgräben ganz aufheben, so hört während dieser Zeit die Entwässerung auf, und gemeinhin würde auch das Hochwasser durch die Gräben in die zu entwässernde Gegend treten und selbige inundiren, wenn man es nicht durch besondere Anlage davon abhielte. Einer Ueberfluthung kann hier

---

*) *Trattato fisico matematico della natura de' Fiumi* in der *Raccolta d'autori Italiani che trattano del moto dell' acque. Tom.*

gewöhnlich nicht vorgebeugt werden, indem die Anschwellung
lusses und sonach die Unterbrechung der Abwässerung fast
so lange anhält, dass das Sammelwasser in der Niederung
en Ufern der Gräben tritt und die niedrigsten Umgebungen
uch wohl das ganze Terrain überschwemmt; dagegen ver-
n jene Anlagen das Eintreten des trüben Flusswassers und
die Verschlämmung der Gräben. Bei Flüssen fällt die
le der höchsten Anschwellung gemeinhin in eine Jahreszeit,
r Graswuchs dadurch noch nicht leidet, auch für den Acker-
er höhere Wasserstand, wenn er nicht zu lange anhält, un-
ich ist. Jedenfalls muss bei der Aufstellung des Culturplanes
f schon Rücksicht genommen werden. Zuweilen trifft es
ber, dass die Anschwellungen von so kurzer Dauer sind,
lie geringe Unterbrechung der Entwässerung kein Austreten
bzugsgräben veranlasst; dieses ist namentlich bei kleinen
sflüssen der Fall, und besonders geschieht es, wenn der
sgraben nicht in einen Fluss oder Strom, sondern in das
mündet, dessen Anschwellung von der Fluth herrührt. Hier
jene Anlagen zur Abhaltung des Hochwassers, das nur
Stunden dauert, nie fehlen; wollte man sie umgehn, so
das Wasser abwechselnd immer aus- und einströmen, und
osser Uebelstand wäre dabei noch, dass jedesmal, sobald
nen und aussen ein gleicher Wasserstand eintritt, also die
ng aufhört, der durch den Wellenschlag in die Mündung
geführte Sand oder das sonstige Material hier niedersinken
en Graben bald verschütten würde.

ie Anlagen, welche das Eintreten des Hochwassers von
in die Abzugsgräben verhindern, ohne den Ausfluss des
wassers zu hemmen, sobald jenes aufgehört hat, nennt man
. Ihre Construction wird bei Gelegenheit des Deichbaues
ieben werden. Im Allgemeinen wäre hier nur zu bemerken,
ie bei schnellen und häufigen Aenderungen des Wasserspiegels
on selbst schliessen und öffnen, indem sie mit Klappen oder
n versehn sind, die nach aussen aufschlagen. Wenn aber
raben in einen Fluss mündet, der langsam und selten an-
lt, so gewähren Schütze, die durch angestellte Aufseher
n und geschlossen werden, eine grössere Sicherheit und
nlich auch einen freieren Abfluss für das ausströmende

Wasser. Unmittelbar an dem Ufer eines Flusses oder an d
Strande des Meeres kann man solche Siele nicht erbauen, w
sie daselbst eine zu gefährliche Lage haben würden, doch l
man sie gern so nahe, wie irgend zulässig, indem der Gra
zwischen ihnen und dem Flusse oder dem Meere schnell verla
und daher oft geräumt werden muss. Das Siel allein kann
dessen nur in dem Falle den Eintritt des Hochwassers verhind
wenn es in einem hohen wasserfreien Ufer liegt; dieses ko
beinahe nie vor, und man muss daher noch Deiche damit in V
bindung setzen, welche den Abschluss vervollständigen.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dass der Abzugsgraben
einer Stelle das Flussbette treffen muss, wo dasselbe nahe am
hinreichend tief, auch vor Ablagerungen von Material geschützt
Diese Bedingung steht immer der oben angegebenen entgegen,
nämlich das Siel dem Angriffe des Flusses entzogen sein soll. W
nicht etwa das Ufer aus Felsen besteht, wird man nicht leicht
Stelle finden, die diesen sämmtlichen Erfordernissen entsp
und sonach wird man fast immer gezwungen sein, entweder
kostbare Uferdeckungen das Siel und den Deich vor dem An
des Flusses sicher zu stellen, oder im Flussbette selbst vo
Mündung des Abzugsgrabens und in derselben bis zum
häufige Aufräumungen vorzunehmen. Indem die letzte
nach jedem Hochwasser nothwendig wird und häufig au
anderer Zeit nicht umgangen werden kann, so ist es im
meinen vortheilhaft, die Ausmündung so anzuordnen, dass
diesen Versandungen möglichst begegnet, wenn auch andr
lagen zur gehörigen Sicherung gegen den Angriff des W
erforderlich sein sollten. In dieser Beziehung empfehlen sich
zugsweise die Stromkrümmen und zwar die concaven Uf
die Einmündungen der Abzugsgräben. Es befindet sich hi
meinhin die grosse Tiefe unmittelbar neben dem Ufer, un
lagerungen treten nicht ein, da schon das Ufer im Angriffe
und wenn es nicht künstlich gehalten wird, immer weiter zu
weicht.

Es ist bisher nur die Rede davon gewesen, wie m
Vorfluth durch Darstellung einer möglichst tiefen Mündun
Abzugsgrabens zu befördern sucht, es kann aber auch ges
dass in dem Abzugsgraben selbst künstliche oder natürliche

handen sind, welche vor sich den schädlichen Aufstau bilden.
ser Fall ist nicht selten, und namentlich sind es sehr häufig
hlenanlagen, durch welche die ganze Versumpfung veranlasst
rde und durch deren Beseitigung schon das Uebel gehoben
rden kann. Zuweilen ist aber die gänzliche Beseitigung der
hle nicht erforderlich, vielmehr genügt die Anbringung eines
örig weiten und tiefen Grundablasses, wodurch schon
Erhöhung des Flussbettes vorgebeugt wird. Unzulänglich
d in diesem Falle aber solche Freigerinne, die bedeutend
ıer als die Sohle des natürlichen Flussbettes liegen, indem
h vor denselben das letztere dauernd erhöht und den Abfluss
ner mehr hemmt.

In Gebirgsgegenden werden häufig Seen dadurch ge-
let, dass einzelne Höhenzüge oder Bergrücken die Thäler
chsetzen und das Wasser vor sich so hoch anspannen, bis
sie übersteigt, und wie über ein künstliches Wehr abfliesst.
vielen Seen, welche den nördlichen und zum Theil auch
südlichen Abhang der Alpen umgeben, sind auf diese Art
standen, und man muss wohl annehmen, dass unmittelbar
h der Bildung der jetzigen Erdoberfläche die Anzahl und Aus-
nung solcher Seen noch grösser war, weil jede Veranlassung
neuen Bildung derselben fehlt und gewiss viele theils durch
üllung ihrer Bette und theils durch Vertiefung der Abflüsse
schwunden sind. Der Fall, dass man künstlich die Seen
ser Art ablässt, ereignet sich nicht häufig, und es treten da-
, wenn eine starke Senkung beabsichtigt wird, auch grosse
ıwierigkeiten ein, die sich am besten aus der Mittheilung
es hierher gehörigen Beispiels ergeben werden.

Der Lungernsee im Canton Unterwalden wird durch eine
0 Fuss hohe Bergwand gebildet, welche das Thal sperrt.
selbe besteht unmittelbar neben dem See, oder auf ihrer süd-
hen Seite aus einem festen, feinkörnigen und kieselhaltigen
lke, in den das überströmende Wasser kein tiefes Bette ein-
ıneiden konnte, während weiter abwärts nach der Nordseite
in der Nähe der hohen Kuppe, der Kaiserstuhl genannt,
schroffes und tiefes Thal in dem weichern, in Kreide über-
henden Gesteine sich gebildet hatte, wohin das überfliessende
asser sich ergoss. Dieser Bergrücken erhebt sich auf der

Südseite oder neben dem See minder steil, doch in Norden fällt er auf 240 Fuss beinahe senkrecht ab. Dieser Punkt liegt nahe 145 Fuss unter dem Spiegel des Sees, wenn man also von hier einen Stollen nach dem See von etwa 100 Ruthen Länge trieb, so war es möglich, den See um mehr, als 120 Fuss zu senken und dadurch etwa 500 Morgen Landes zu gewinnen, die wahrscheinlich zum Ackerbau tauglich waren. In geringer Entfernung und in dem Thale desselben Baches bei Giesswyl war bereits ein ähnliches, jedoch viel leichteres und unbedeutenderes Unternehmen glücklich zu Stande gebracht worden; so hoffte man denn auch hier die Schwierigkeiten zu überwinden und im Jahre 1788 beschloss die Gemeinde Lungern die Arbeit zu beginnen. Der Director eines Bleiwerkes in der Nähe wurde zur nähern Untersuchung und Begutachtung aufgefordert, und da derselbe das Unternehmen empfahl und grosse Vortheile in Aussicht stellte, so wurden vier Bergleute angenommen, die gegen das Ende des Jahres 1790 den Stollen an der bezeichneten Stelle und zwar zur Seite des tief eingeschnittenen Bachbettes eröffneten. Der Stollen wurde 6 Fuss hoch und $5\frac{1}{2}$ Fuss breit ungefähr in der nächsten Richtung nach dem See mit geringer Ansteigung geführt, und da das Gestein ziemlich weich war, so schritt die Arbeit Anfangs regelmässig vor und 1798 war man beinahe 60 Ruthen weit glücklich gekommen. In dieser Zeit gerieth das Unternehmen aus manchen Gründen in Stocken. Die aufgebrachte Summe war verausgabt, die Arbeit wurde wegen Mangels an Luftwechsel sehr erschwert, und endlich traten in dieser Zeit auch die Kriegsunruhen ein und der bisherige Eifer für das Werk wich dem politischen Interesse. Endlich im Jahre 1806 war durch eine Anleihe wieder eine Summe zusammengebracht, und man machte mit um so grösseren Hoffnungen sich aufs Neue ans Werk, als in der ganzen Eidgenossenschaft sich eine rege Theilnahme für das Unternehmen zeigte und höher stehende Bergbeamte in gewissem Grade der Beaufsichtigung sich unterzogen. Nichts desto weniger war der Erfolg diesesmal sehr unbedeutend, die 22000 Gulden waren in zwei Jahren ausgegeben und der Stollen hatte dabei nur um 4 Ruthen an Länge gewonnen. Es erfolgte eine sehr lange Unterbrechung, wenn gleich der um die Ableitung des Wallenstädter Sees hochver-

[..]te Escher seit dem Jahre 1812 auch diesem Unternehmen [..]e Theilnahme und Mitwirkung angedeihen liess; er lenkte [..]nders die Aufmerksamkeit auf die Frage, wie man die Ver[..]dung des Stollens mit dem See darstellen wollte. Bisher [..]e man hieran kaum gedacht, obwohl das ganze Unternehmen [..]chtlos bleiben musste, wenn man nicht die letzte Scheidewand [..]schen dem Stollen und dem See sicher beseitigen konnte. [..]cher selbst rieth, von dem Rande des Sees einen Schacht [..]h dem Stollen herabzuteufen und einen offenen, immer mehr [..]d mehr zu vertiefenden Graben zwischen dem Schachte und [..]m See darzustellen, bis man den See etwa um 24 Fuss ge[..]nkt hätte. Alsdann sollte vom neuen Rande des Sees auf [..] Fuss Tiefe ein zweiter Schacht herabgeführt und durch einen [..]rizontalen Stollen mit dem ersten in Verbindung gesetzt wer[..]n. Dasselbe Verfahren war fünfmal zu wiederholen, wodurch [..]ffenbar sehr sicher, aber freilich auch auf eine sehr kostbare [..]rt die volle Tiefe sich erreichen liess. Auf Veranlassung von [..]scher wurden indessen auch andere Vorschläge gemacht, na[..]mentlich den Stollen in der angefangenen Art bis dicht an den See zu führen und durch eine grosse Menge Bohrlöcher, die von oben in das Bette des Sees getrieben würden, die Verbin[..]dung darzustellen. Dieser Vorschlag fand besonders Beifall und man schien sich auch dafür zu entscheiden, wiewohl die Ein[..]wohner von Lungern den schnellsten und wirksamsten Erfolg [..]on einer starken Mine erwarteten, welche die letzte Scheide[..]wand mit einem Male durchbrechen sollte. Das Sächsische Ober[..]rgamt in Freiberg hatte in einem hierüber abgegebenen Gut[..]achten vom 27. Septbr. 1833 dieses Verfahren auch ausdrück[..] empfohlen.

Die Mittel der Gemeinde waren indessen durch die früheren [..]rengungen und durch die Schuldenlast, welche das Unter[..]nehmen ihnen schon aufgebürdet hatte, völlig erschöpft, und die [..]nung an ein erspriessliches Ende verschwand immer mehr, [..]bereits 40 Jahre seit dem Beginne der Arbeit verflossen waren. [..] Einwohner aus Stanz, Melchior von Deschwanden, wusste [..]ssen den Eifer aufs Neue zu beleben; er bildete im Jahre [..] eine Actiengesellschaft und brachte wieder 16000 Francs [..]mmen. 1833 wurde die Arbeit nochmals aufgenommen. Es

zeigte sich, dass man bedeutend vor der kürzesten Linie nach dem See abgewichen war und man in der letzten Zeit sogar in einer Richtung gearbeitet hatte, die nur unter einem Winkel von 45 Graden sich dem Seeufer näherte. Nunmehr wurde von dem letzten Endpunkte aus die passende Richtung durch eine sanfte Krümmung wieder gewonnen und diese auch ferner beibehalten, dabei aber gab man dem Stollen eine etwas stärkere Neigung, als er bisher gehabt hatte, indem man überhaupt nur den See um etwa 120 Fuss abzulassen gedachte. Das grössere Gefälle in dem Stollen oder Abzugscanale schien aber für die dauernde Wirksamkeit desselben nothwendig zu sein, indem der Wasserdruck vor der Einmündung späterhin ganz aufhören sollte. Im Herbste 1834 war man dem Seeufer so nahe gekommen, dass man es nicht mehr wagte, mit der Sprengarbeit unmittelbar vorzugehn; man trieb Bohrlöcher von 20 Fuss Länge voraus und liess dieselben immer wenigstens 12 Fuss vor den Stollen vortreten, und ebenso trieb man auch 12 Fuss lange Bohrlöcher nach oben, um auch von hier gegen einen möglichen Einbruch gesichert zu sein. Dabei sorgte man zugleich durch Wettergebläse für den Luftwechsel. Durch das festere Gestein, das man antraf, wurde die Arbeit jetzt ausserordentlich erschwert. Endlich am 14. April 1835, nachdem man schon lange den See zu erreichen gehofft hatte, durchstiess ein Bohrer die äussere Oberfläche des Gesteins und drang einige Fuss weit in den See. Ein dicker Schlamm quoll neben dem Bohrer hervor und ihm folgte ein Strahl klaren Wassers, der 30 Fuss weit in den Stollen spritze. So war denn, nachdem fast ein halbes Jahrhundert verflossen, der See wirklich erreicht, und wenn gleich von denen, die als Jünglinge das Werk mit Eifer begonnen hatten, nur Wenige noch als Greise die frohe Nachricht vernahmen, so war dennoch die Theilnahme im Dorfe allgemein.

Zunächst kam es darauf an, sich zu überzeugen, ob man auch wirklich den See, oder vielleicht nur eine Felsenspalte angebohrt hatte. Zur Beseitigung dieses Zweifels liess man ein Tau, das an zwei Böten hing, längs dem Seeboden an dieser Stelle streichen. Man fasste damit bald Steine, bald Baumstämme, doch endlich hing das Tau an einem Gegenstande, [illegible] nicht nachgab. Man zog das Tau wiederholentlich plötzlich a[illegible]

und die Arbeiter im Stollen, die den Bohrer hielten, empfanden die Erschütterungen. Die Wahrnehmung der Zeit an übereinstimmenden Uhren liess keinen Zweifel, dass es das vortretende Ende des Bohrers war, woran die Leine hing, und sonach wusste man, dass wirklich das Felsenufer des Sees durchstossen war.

Nunmehr war zu entscheiden, wie eine gehörig weite Mündung nach dem See zu eröffnen sei, denn dass die Bohrlöcher keinen Erfolg haben würden, zeigte sich schon deutlich, indem das erste, sowie einige folgende, die man zur Untersuchung der Begrenzung des Ufers von dem Stollen aus vortrieb, bald durch Steine und Sand verstopft wurden, die der heftige Strom in ihre Mündung trieb. Die äussere Fläche des Felsens war auf 3 Fuss Dicke ein klüftiges Gestein, welches schon Wasseradern enthielt, und keine Sicherheit bei einer weitern Fortsetzung der Sprengarbeit gewährte, man befand sich aber 126 Rheinländische Fuss unter dem Spiegel des Sees und 228 Fuss jenseits des Seerandes. Die Felswand, die den Stollen vom See trennte, hatte noch die Stärke von 15 Fuss.

Man entschied sich unter diesen Umständen für den Versuch, die Stollenmündung durch eine starke Mine zu sprengen und folgte dabei im Allgemeinen dem Gutachten, das aus Freiberg eingegangen war. Zu diesem Zwecke wurde in der Decke des Stollens eine 6 Fuss hohe Kammer ausgearbeitet, welche das Pulverfass aufnehmen sollte; die Wandstärke des festen Gesteines betrug über ihr nicht mehr als 4 Fuss. Der Ingénieur Sulzberger, der in der letzten Zeit die Arbeit geleitet hatte, liess noch ohnfern der untern Mündung des Stollens ein Schütz anbringen, das durch einen 12 Fuss hohen engen Schacht von oben geschlossen werden konnte, um für den Fall, dass die ausstürzende Wassermenge für die untere Gegend gefährlich werden sollte, den Abfluss zu mässigen. Nach diesen Vorbereitungen wurde endlich in den ersten Tagen des Jahres 1836 zum Einsetzen der Mine geschritten; ein gehörig versichertes Fass von Eichenholz, worin ein starker lederner Sack lag, wurde mit 950 Pfund Pulver gefüllt. Durch den Boden desselben war bis zur Mitte ein metallenes mit Pulver gefülltes Rohr geführt, an welches die Zündröhre befestigt werden konnte. Mit grosser Mühe schleifte man das Fass durch den Stollen bis in die Kam-

mer und hob es nach und nach bis zur Decke derselben, indem man schichtenweise eine grosse Menge Holzklötze darunter legte; man wählte aber diese statt der Steine, um zu keiner Sperrung des Stollens Veranlassung zu geben. Die Zündröhre, welche eine Länge von 35 Fuss hatte und in einem $\frac{5}{4}$ Zoll dicken mit Harz überzogenen Schlauche bestand, der noch in Holzröhren steckte, wurde eingebracht und an das Fass befestigt. Diese Arbeit war sehr beschwerlich, theils wegen des starken Zudranges des Grubenwassers, wogegen die Mündung der Röhre gesichert bleiben musste, und theils auch wegen Mangel an frischer Luft. Bei dem starken Zudrange von Menschen, die alle behülflich sein wollten, war die Luft so verdorben, dass in der Nähe der Kammer kein Licht mehr brannte. Nachdem die Zündröhre endlich eingesetzt und gehörig ausgelegt war, füllte man den Stollen zunächst der Kammer auf 15 Fuss Länge mit kleinen Steinen und Sand sorgfältig aus, um den sichern Schluss zu bilden und dadurch die Wirkung des Schusses nach der Seite des Sees zu leiten. Die Zündröhre reichte auf der andern Seite aus der Sandmasse hervor, und wurde später verlängert.

Am 9. Januar 1836 wurde früh Morgens der Stollen von allem Holze und den sonstigen darin befindlichen Geräthschaften geräumt. Alsdann trug ein Bergmann die Brandröhre hinein, befestigte sie an die Zündröhre, deren äusseres Ende trocken befunden wurde und zündete sie an. Ein Pistolenschuss verkündete der zahllosen Menschenmenge, die theils am See, theils auf dem Bergrücken und in der Nähe der Stollenmündung sich versammelt hatte, die glückliche Zurückkunft des Bergmannes. Eilf Minuten verstrichen darauf in banger Erwartung der Zuschauer, da vernahm man unmittelbar aufeinanderfolgend zwei dumpfe Töne aus der Tiefe, doch ganz unbewegt lag die Eisdecke auf dem See, und in den ersten Secunden zeigte sich auch in der Mündung des Stollens nichts, was einen glücklichen Erfolg versprochen hätte. Bald aber drang hier eine dicke Rauchwolke hervor, und ein mächtiger Strom trüben Wassers, der ihr folgte, liess keinen Zweifel mehr, dass ein kräftiger Abfluss wirklich eröffnet sei. Das Wasser nahm bald seine volle Klarheit wieder an und am Morgen des andern Tages hatte der See sich um 3 Fuss gesenkt.

Die aus dem Stollen vortretende Wassermenge war in der That zu gross, als dass das Thal des Baches sie hätte fassen können, und der vor hundert Jahren abgelassene See bei Giesswyl bildete sich aufs Neue, doch bot die angebrachte Schützvorrichtung ein leichtes Mittel, den Abfluss beliebig zu mässigen, und so verminderte man die Oeffnung, die Anfangs 12 Quadratfuss gemessen hatte, auf $7\frac{1}{2}$ Fuss, wodurch der See bei Giesswyl bald wieder verschwand.

Nach einigen Tagen, während der Spiegel des Sees regelmässig sich senkte, trat indessen ein anderes Ereigniss ein, welches die ernstlichsten Besorgnisse wegen der weiteren Erfolge erweckte. Am 15. Januar, als die Senkung im Ganzen 14 Fuss betrug, zeigte sich nämlich dicht neben dem Dorfe Lungern eine Spalte im Boden, und kaum hatte man ein davorstehendes Wohnhaus mit den Scheunen abgetragen, so glitt die dahinter gelegene Fläche, mehrere Morgen gross und mit Obstbäumen bepflanzt, ohne sich zu theilen, herab, und verschwand im See. An eine solche Erscheinung hatte man wenigstens in der letzten Zeit nicht gedacht, obgleich bei den ersten Berathungen über das Ablassen des Sees die Einwohner von Lungern schon einige Besorgniss in dieser Beziehung gezeigt haben sollen. Der Fall war aber wesentlich derselbe, der auch sonst vorkommt, namentlich stürzen Flussdeiche und hohe Ufer nicht selten ein, sobald das Hochwasser vorüber ist. Der stark durchweichte Boden wird nämlich nur durch den Gegendruck des Wassers gehalten, hört letzterer auf, so gleitet auch der erstere herab. Glücklicher Weise zeigte sich kein weiterer Unfall dieser Art.

Am 25. Februar war das Wasser bis zur Mündung des Stollens gesunken, sie hielt 8 bis 9 Fuss im Durchmesser, und es wäre leicht, durch Abtreiben ihres südlichen Randes den See noch um etwa 12 Fuss tiefer, nämlich bis zur Sohle des Stollens zu senken. Die erwarteten Flächen Landes waren wirklich zum Vorscheine gekommen, aber freilich in solchem Zustande, dass an eine unmittelbare Benutzung derselben als Ackerland nicht zu denken war, und namentlich liessen die Bäche, die über sie nach dem noch bleibenden See strömten, grosse Verwüstungen befürchten, wenn diese nicht in ein regelmässiges Bette

eingeschlossen würden und man der Ablagerung des Gerölles, das sie mit sich führten, vorbeugte. Wie weit man hiermit in den letzten Jahren gekommen sein mag, ist nicht bekannt geworden.*)

§. 27.

Entfernung des fremden Wassers.

Die sumpfigen Flächen, deren Entwässerung man beabsichtigt, nehmen fast jedesmal die niedrigsten Stellen der Flussthäler ein, und werden daher nicht nur durch das Wasser des Flusses, sondern auch durch die Bäche gespeist, die seitwärts von dem höheren Ufer herabfliessen. Die bekannten Gesetze über die Bewegung des Wassers in offenen Leitungen ergeben, dass unter übrigens gleichen Umständen, also bei gleicher Anfüllung derselben Abzugsgräben die mittleren Geschwindigkeiten oder die abgeführten Wassermengen den Quadratwurzeln aus den absoluten Gefällen proportional sind. Vermindert sich daher die Wassermenge um die Hälfte, so genügt zu ihrer Abführung schon der vierte Theil des absoluten Gefälles, oder der Wasserspiegel in der Niederung kann um drei Viertheile des letzteren gesenkt werden. Hieraus ergiebt sich der grosse Vortheil der Verminderung der abzuführenden Wassermenge, oder der Abschliessung des fremden Wassers.

Man erreicht hierdurch aber noch andre wichtige Vortheile. Die Bäche und Flüsse, welche ein stärkeres Gefälle haben, führen nämlich, wenigstens zur Zeit der Anschwellung, eine Menge Erde, Sand und Geschiebe mit sich, die in den Abzugsgräben niederschlagen und deren häufige Räumung und Vertiefung nöthig machen. Endlich ist das fremde Wasser auch weit stärkeren Anschwellungen ausgesetzt, als das Sammelwasser in dem Sumpfe, und man ist sonach bei der Vereinigung beider gezwungen, den Ableitungsgräben diejenigen Profile zu geben, welche der grossen Wassermenge zur Zeit der Anschwellung entsprechen, wodurch die Kosten für Grabenarbeiten ausserordentlich erhöht werden.

*) Die vorstehende Beschreibung ist entlehnt aus einer kleinen Schrift, betitelt: „die Tieferlegung des Lungernsees.“ Zürich 1836.

Hierdurch begründet sich die Regel, dass man bei jeder vor-
nenden Entwässerung, soviel es irgend möglich ist, das
Wasser von der Niederung abhalten und es in besonderen
n an derselben vorbeiführen muss. Diese Vorsicht ist im
einen um so nothwendiger und auch um so leichter zu
hten, je stärker das Gefälle dieses Wassers in seinem obern
ist. Man giebt ihm ein künstliches, und zwar bei
Wasserständen vollständig getrenntes Bette, das ent-
am Rande des höheren Ufers, also auf einer Seite bleibt,
as man durch die Niederung selbst hindurchführt.
n ersten Falle umgeht man die Theilung der Niederung.
eite Fall, wobei nämlich die Niederung in zwei getrennte
zerlegt wird, bietet manche Schwierigkeiten, die man
ten Falle vermeidet. Man muss nämlich zwei Hauptgrä-
bst zugehörigen Entwässerungs-Schleusen darstellen, und
dem verschwinden für das neue künstliche Flussbette, das
der Niederung befindet, auch alle Vortheile, welche ein
Terrain dabei bietet. Es soll nämlich der Fluss oder
keineswegs möglichst tief herabgeführt werden, sondern man
hn neben der Niederung so hoch halten, dass er noch mit
hendem Gefälle, wodurch ein starkes Anschwellen verhindert
vorbeiströmen kann. Eine ganz gerade Linie braucht das
Bette keineswegs zu verfolgen, obgleich eine grosse Ver-
ung und scharfe Krümmungen auch zu vermeiden sind.
wählt also an dem Abhange, der die Niederung umgiebt,
ge Linie, auf welcher das beabsichtigte Gefälle am leichte-
rzustellen ist. Aldann wird das natürliche Bachbette in
angemessenen Höhe über dem Sumpfe abgeschlossen, und
ue Bette steigt, indem es am Rande der Anhöhe sich hin-
allmälig herab, doch erreicht es die Thalsohle erst unterhalb
entsumpfenden Gegend. Man braucht dieses neue Bette
f der Thalseite mit Deichen zu umgeben, auf der Bergseite
solche ganz fehlen, oder sie sind doch nur stellenweise
geringerer Höhe erforderlich. Trifft es sich aber, dass
iefe Seitenthäler überschreiten muss, so ist die grössere
welche das Bette hier erhält, keineswegs nachtheilig, viel-
wird sie eine sehr günstige Gelegenheit zur Ablagerung
eschiebes darbieten. In dieser Beziehung ist auch eine

stellenweise grosse Verbreitung des Bettes nicht ungünstig, denn auch sie wirkt auf die Verminderung der Geschwindigkeit und sonach auf die Reinigung des Wassers hin und verhindert dadurch das Ablagern von Material in den untern Flussstrecken. Wenn sonach der Boden keinen grossen Werth hat, so wird man wohlthun, solche Querthäler nur auf der Thalseite abzuschliessen und sie dadurch, wenigstens zur Zeit der Anschwellung der Bäche, in Seen zu verwandeln, wodurch man noch den Vortheil erreicht, dass man das Sammelwasser dieser Thäler, oder die Bäche, denen man begegnet, zugleich in das neue Bette mit aufnimmt. Damit aber diese neuen Flussbetten ihr Gefälle dauernd erhalten und nicht etwa stellenweise sich so vertiefen, dass in der untern Strecke Mangel an Gefälle entsteht, so ist es besonders von Wichtigkeit, in gewissen Abständen durch Grundwehre oder Schwellen ihre Sohle zu sichern. Dieses sind durchgehende breite Rücken, die aus Steinen möglichst tief und regelmässig gepackt und mit grossen und lagerhaften Felsblöcken abgepflastert werden. Prony räth, sie bei starkem Gefälle in Abständen von höchstens 2000 Meter (etwa ¼ Meile) anzulegen. Vor jeder solchen Schwelle wird sich ein Stau bilden, der die Geschwindigkeit des Wassers mässigt; man kann daher gerade hier ohne Nachtheil auch schärfere Krümmungen im neuen Bette anbringen, wenn der Zug der Anhöhe solche nöthig macht. Vor den Schwellen wird eine starke Verlandung und Erhöhung des Bettes eintreten, wodurch sich zuletzt ein ziemlich gleichmässiges Längen-Profil und zwar für dasjenige Gefälle bildet, welches gleich Anfangs durch die Steinschwellen bezeichnet wurde. In demselben Maasse, wie die tiefen und breiten Stellen im neuen Bette verschwinden, worin sich das Geschiebe absetzt, vermehrt sich hier die Geschwindigkeit, und die fernere Erhöhung des Bettes wird geringer, oder hört ganz auf, indem alles Material endlich weiter stromabwärts geführt wird.

In der angedeuteten Anordnung, die sich vorzugsweise auf Gebirgsgegenden bezieht, wo die Flüsse ein starkes Gefälle haben und das Steinmaterial leicht zu beschaffen ist, giebt es indessen doch zuweilen Veranlassung, das fremde Wasser in die Niederung hineinzuleiten, und für diesen Fall ist es vortheilhaft, keine feste Coupirung in dem ursprünglichen Flussbette anzubringen, sondern

ein Stauwerk, wodurch man beliebig dem Wasser seinen früheren Lauf wieder eröffnen kann. Der Grund, weshalb man aber zuweilen das fremde Flusswasser wieder eintreten lässt, bezieht sich zunächst auf die Colmation, oder man will das Material, welches zur Zeit der Anschwellungen herbeigeführt wird, zur Erhöhung des Bodens der Niederung benutzen und demselben dadurch für die Zukunft eine bessere Abwässerung verschaffen. In diesem Falle erfolgt die Zuleitung nicht dauernd, sondern nur so lange, bis man die Colmationen beendigt hat. Sodann werden die Bewässerungsanlagen, die nicht leicht fehlen dürfen, sehr bequem durch das Flusswasser gespeist, wenn man dasselbe in einiger Höhe über dem Sumpfe hält. Ferner sinkt in der heissen Jahreszeit der Wasserspiegel in der Niederung zuweilen so tief, dass die Gräben trocken werden und die Cultur dadurch leidet, oder dass es an Wasser zum Tränken des Viehes mangelt: alsdann muss das Flusswasser wieder auf dem ursprünglichen Wege herabgeführt werden. In ähnlicher Art lässt man in den untern Flussmarschen während dieser Zeit auch zuweilen eine Fluth aus der See in das Land laufen. Endlich aber ist zur Zeit der Dürre die Vegetation in den Abzugsgräben ausserordentlich kräftig und letztere füllen sich, sobald die Strömung aufhört, so sehr mit Pflanzen an, dass sie später ihrem Zwecke nicht mehr entsprechen und wegen der vielen Hindernisse ein stärkeres Gefälle annehmen, oder das Wasser im Sumpfe sich auf einer grösseren Höhe erhält. Zur Verhinderung dieser starken Vegetation ist gleichfalls das frische Flusswasser, welches im Sommer auch sehr rein zu sein pflegt, höchst wichtig, und man lässt dasselbe daher in dieser Zeit gern durch die Gräben der Niederung fliessen.

Die Umleitung des Flusses längs dem Abhange, der die Niederung umgiebt, ist indessen nicht immer ausführbar, denn zuweilen erstreckt sich die Niederung zu weit nach beiden Seiten, als dass man sie auf der einen noch umgehen könnte, und sodann kann von der Darstellung eines neuen Bettes nur die Rede sein, wenn es sich um einen Bach, oder um einen kleineren Fluss handelt. Man ist also häufig gezwungen, den Fluss durch die Niederung hindurchzuführen und alsdann muss auf jeder Seite desselben die zu entwässernde Fläche besonders behandelt werden. An eine gleichmässige Vertheilung des Gefälles ist in

diesem Falle auch nicht mehr zu denken, da es gar zu gefährlich wäre, den Fluss auf erhöhtem Bette zwischen den tiefliegenden cultivirten Flächen hindurchzuführen. Mit Rücksicht auf die Gefahr eines Durchbruches verzichtet man daher auf die obigen Vortheile, und bemüht sich, den Wasserspiegel im Flusse möglichst tief zu halten. Bei kleineren Bächen ist diese Besorgniss weniger erheblich und ein Durchbruch leichter zu vermeiden. Man sieht daher in Gebirgsgegenden häufig die seitwärts herabkommenden Bäche auf 10 bis 20 Fuss hohen Erdrücken über dem Wiesengrunde fliessen; doch ist dieses Verhältniss gemeinhin nicht künstlich dargestellt, sondern es entstand durch die allmälige Ablagerung des Materials an den Stellen, wo sich ein geringes Gefälle vorfand. Man bemühte sich nur durch Erhöhung der Deiche den Bach immer von den Wiesen abzuhalten, die er sonst mit dem Geschiebe überdecken würde, und so bildete sich von selbst die auffallende Erhöhung und gleichmässige Neigung des Bettes. Die kleineren von den Tyroler Alpen herabkommenden Flüsse im nördlichen Italien zeigen ähnliche Erscheinungen. Auch ihre Betten befinden sich bis 20 Fuss über den umgebenden Feldern und sind von innen mit Mauern eingefasst, welche sich gegen Deiche lehnen. Die Strassen steigen jedesmal stark an, sobald sie sich einem solchem Flusse nähern, und das grobe Geschiebe, welches das Bette stets anfüllt, das man zum Theil durch Ausfahren zu beseitigen sucht, lässt auf eine noch immer zunehmende Erhöhung schliessen. Auch grössere Ströme, wenn sie vor ihrer Mündung weite Niederungen berühren, zeigen, wenn gleich in weit geringerem Maasse, doch ähnliche Erscheinungen. So erhebt sich der Rhein selbst beim niedrigsten Wasserstande vor Vianen (in der Nähe von Utrecht) bedeutend höher, als das eingedeichte Land liegt, auch der Wasserspiegel der Nogat bleibt vor den Elbinger Triften und an der Mündung des Kraffohl-Canals beständig höher, als das östliche eingedeichte Ufer. Man hat diese unnatürliche Anspannung künstlich herbeigeführt, indem man durch die Bedeichung eine gleichmässige Erhöhung der ganzen Niederung unmöglich machte.

Ein interessantes Beispiel der Abhaltung des fremden Wassers von dem Abzugsgraben bietet die Linth. Der oben erwähnte Canal, der den Wallenstädter See ableitet, nimmt kein fremdes Wasser

auf, dieses wird auf beiden Seiten in besonderen Canälen nach dem Züricher See geführt. Der Grund dieser Trennung, welche die Anlage von drei Canälen nöthig machte, ist eines Theils der, dass man den Hauptcanal nicht der Gefahr aussetzen wollte, durch starke Fluthen, die seitwärts hineintreten, in seinen Ufern angegriffen und durch das Material, was sie von den Bergen herabbringen, wieder gesperrt zu werden. Sodann aber führen die Seitencanäle in trockner Jahreszeit auch wenig Wasser ab und demnach senkt sich alsdann in ihnen der Wasserspiegel tief unter den des Hauptcanals, und es wird dadurch möglich, das Thal als Weideland und Wiese zu benutzen. Man hat aber auch dafür gesorgt, dass die Seitencanäle nicht unmittelbar das Bergwasser aufnehmen, vielmehr wird dieses zunächst durch steinerne Wehre, hier Wuhre genannt, in den natürlichen Vertiefungen aufgestaut und es lässt dabei alles Geschiebe und feineres Material, das es mit sich führt, zu Boden sinken. Sonach erfolgt durch das fremde Wasser eine allmälige Ausgleichung und Erhöhung des Thales, wodurch wieder der Hauptcanal in seinen Ufern gesichert wird. Aber auch die Linth selbst, die als wilder Bergstrom aus dem Canton Glarus herabkommt und das schwerste Geschiebe und dabei sogar Steinblöcke von mehreren Cubikfussen führt, durfte nicht unmittelbar in den Abzugsgraben des Wallenstädter Sees treten. Zur Aufnahme dieses Geschiebes bot indessen der See wegen seiner grossen Tiefe eine passende Gelegenheit, doch musste man, um eine frühere Ablagerung zu vermeiden, das Flussbette mit starkem Gefälle, also hoch über der Thalsohle bis nach dem See führen, und es von Zeit zu Zeit weiter verlängern.

In vielen Fällen ist die Abschliessung des fremden Wassers das wirksamste Mittel, welches man zur Entwässerung einer sumpfigen Gegend anwenden kann. So haben die vielfachen Versuche, die man beinahe seit 2000 Jahren zur Cultivirung der Pontinischen Sümpfe zwischen Rom und Neapel gemacht hat, wie Prony meint *), nur deshalb den erwarteten Erfolg nicht gehabt, weil das fremde Wasser gar zu nachtheilig einwirkte. Die Pontinischen Sümpfe erstrecken sich auf $5\frac{1}{2}$ Meilen Länge von

*) *Description hydrographique et historique des marais Pontins par de Prony.* Paris 1822.

Cisterna bis Terracina und zwar ziemlich parallel der Meeresküste. Von letzterer trennt sie eine doppelte Dünenreihe, die sich südöstlich bis zum Vorgebirge Monte Circeo hinzieht. Der Versuch, diese Dünen zu durchstechen und das Wasser auf dem kürzesten Wege nach dem Meere zu führen, der durch die Anlage des Rio Martino gemacht ist, gab sehr unbedeutende Erfolge, während die Hauptmündung sich in dem immer weiter anwachsenden Ufer ostwärts des genannten Vorgebirges bei Terracina befindet. Die Entstehung dieses Sumpfes, die in das entfernteste Alterthum fällt (schon Homer lässt die Circe auf einer niedrigen Insel wohnen), ist daher wohl darin zu suchen, dass das Meer die Mündungen der Flüsse sperrte und letztere nur durch immer weitere Verlängerung ihres Laufes in südöstlicher Richtung einigermaassen einen Ausfluss finden konnten. Dazu kommt noch, dass die Zuflüsse in früherer Zeit von den Gebirgen, die nordöstlich den Sumpf begrenzen, vieles Material herabgeführt und dadurch zum weitern Vortreten der Küste Veranlassung gegeben haben; doch jetzt ist die Quantität des Materials, welches sie zur Zeit der Anschwellung mit sich führen, sehr unbedeutend, indem sie ihre Zuflüsse auf nackten Felsen sammeln und sonach verspricht die Anwendung von Colmationen hier wenig Erfolg. *) Was ferner die Senkung des Wasserspiegels durch Abzugsgräben betrifft, so ist diese hier vielfach versucht worden, und wenn man den Erfolg derselben auch keineswegs in Abrede stellen und eben so wenig behaupten kann, dass sie immer mit gehöriger Sorgfalt angelegt und offen erhalten und namentlich von den Pflanzen gereinigt wurden, die in heisser Jahreszeit darin vegetiren, so haben diese wiederholten Versuche dennoch gezeigt, dass dieses Mittel allein nicht zum Ziele führt. Der Vorschlag, den Castelli **) früher machte und den besonders Prony als die wirksamste Abhülfe empfahl, bezog sich daher auf die Ableitung des fremden Wassers, damit dieses

---

*) Dieses ist wenigstens Prony's Meinung; Fossombroni empfiehlt dagegen in dem Aufsatze: *Saggio sulla bonificazione delle Palude Pontini* in der *Nuova Racolta* Bd. III. auch in diesem Falle die Colmationen als das wirksamste Mittel der Melioration.

**) *Considerazione sopra la bonificazione delle Palude Pontini. Raccolta.* Bd. III.

sich nicht in die Niederung ergiessen und die abzuführende Wassermenge vermehren sollte.

Die Anlagen, durch welche man das fremde Wasser, bevor es in die Niederung tritt und sich darin verbreitet, abfängt und ableitet, sind bereits angedeutet worden, doch ist die Bestimmung des Profiles, welches man den neuen Flussbetten geben muss, noch unberührt geblieben. Es würde sich aus dem bekannten Gesetze über die Bewegung des Wassers in Flussbetten, wenn man das Gefälle und die sonstigen Data kennt, die Breite und Tiefe des Profiles leicht herleiten lassen, sobald die Wassermenge bekannt wäre, welche der Fluss zur Zeit der höchsten Anschwellung abführt, aber es ist beinahe unmöglich, hierüber durch directe Messungen zu einem annähernden Resultate zu gelangen, da eines Theils solche Anschwellungen sich selten wiederholen und man nicht leicht bis zu ihrer Wiederkehr die Aufstellung des Projectes aussetzen darf, andern Theils aber pflegen sie auch nur so kurze Zeit anzuhalten und so unerwartet einzutreten, dass die Messung vollständig vorbereitet und die damit beauftragten Personen immer zur Stelle sein müssten, um die Gelegenheit wahrnehmen zu können; aber auch selbst in diesem Falle könnte es noch geschehn, dass die Strömung zu stark wäre, um eine sichere Geschwindigkeitsmessung zu gestatten. Es bleibt sonach nur übrig, aus der Höhe der Anschwellung an einzelnen Stellen, worüber man zuweilen sichere Nachrichten einziehn kann, mit Berücksichtigung der sonstigen Gestalt des Flussprofiles und des Gefälles, einen ziemlich gewagten Schluss auf die Wassermenge zu machen, oder dieselbe aus dem atmosphärischen Niederschlage unmittelbar abzuleiten. Das letzte Verfahren ist jedenfalls einfacher, und vielleicht sogar sicherer, als das erste, man muss es aber wählen, wenn die nöthigen Data für jenes ganz fehlen, wie nicht selten geschieht. Prony hat auf diesem Wege die Profile für diejenigen Flüsse bestimmt, welche sich in die Pontinischen Sümpfe ergiessen. Die Hauptpunkte der Untersuchung und das Resultat, zu dem er gelangt, sind folgende.

Da es sich allein um die stärksten Anschwellungen der Flüsse handelt, die nach heftigen Regengüssen eintreten, so kommt es nicht auf die mittleren Niederschläge an, sondern es sind allein die Maxima der täglichen Regenmengen in Betracht zu ziehn.

Dabei fragt es sich, ob bei plötzlich eintretendem Thauw
Wassermenge, welche der geschmolzene Schnee in 24
dem Flusse zuführt, nicht vielleicht noch grösser ist. F
indessen hierüber alle Beobachtungen, und da schon die
Regen betrachtet werden, so kann man kaum annehmen,
schnelles Schmelzen des Schnees in gleicher Zeit ei
grössere Wassermenge liefern sollte.

Die Wassermenge, welche während eines besonders
Regens niederfällt, der gewöhnlich in seiner grössten St
wenige Stunden anhält, wird nicht in derselben kurzen
Flusse zugeführt, indem das Wasser auf dem Wege da
schiedene Hindernisse findet und verschiedene Entfernu
durchlaufen hat. Als Beweis dafür, dass ein plötzliche
Zufluss sich in einiger Entfernung nicht mehr momenta
kennen giebt, sondern während einer viel längeren Zei
fliesst, führt Prony die Erfahrung an, dass, wenn ei
Wasser nach dem andern in kurzen Zwischenzeiten aus
wird, man alsdann schon in der Entfernung von 100 M
ganz gleichmässige Strömung bemerkt ohne alle periodi
schwellungen. In ähnlicher Art wird also die in ku
herabfallende Regenmenge eine längere Anschwellung de
bewirken, und die in jeder Secunde abfliessende Was
wird geringer, als die gleichzeitige Regenmenge sein. D
einer solchen Anschwellung ist nicht bei allen Flüsse
sondern hängt von der Ausdehnung und der Beschaffe
Flussgebietes ab; nichts desto weniger macht Prony die
setzung, dass sie für die Zuflüsse der Pontinischen Süm
2½ Tage oder 200000 Secunden beträgt. Die Höhe des
schlages, wodurch eine einzelne Anschwellung verursac
setzt Prony gleich 6 Centimeter oder 2¼ Zoll, und er n
dass der dritte Theil davon sich in den Boden einzieht,
dem Flusse nur 4 Centimeter zufliessen. In einzelnen F
man zwar stärkere Niederschläge beobachtet, allein eine
meint Prony, dass man die seltenen Ausnahmen, die vie
hundert Jahren einmal erwartet werden können, nicht z
der Anlage wählen darf, und demnächst bleibt es auch zw
ob ein solcher heftiger Regen sich wirklich über das ganz
gebiet verbreitet und nicht vielmehr nur an einzelnen S

rk ist. Auf solche Art stellt sich das Resultat heraus, dass Wassermenge, welche ein Fluss zur Zeit seiner höchsten schwellung in einer Secunde abführt, gleich ist der Anzahl bikmeter, welche man erhält, wenn man die Oberfläche des beenden Flussgebietes, in Quadratmeter ausgedrückt, durch Millionen dividirt. In rheinländischem Maasse giebt dieses für e Quadratmeile Flussgebiet 360 Cubikfuss Wasser.

Es wäre gewiss nicht zu rechtfertigen, wenn man diese gel auf alle Fälle ausdehnen wollte, denn wesentliche Abweingen werden bedingt

1) durch die Verschiedenheit des Niederschlages, der nach §. 3 von den klimatischen Verhältnissen und der Beschaffenheit des Bodens abhängt;
2) durch die Ausdehnung des Flussgebietes. Je grösser dasselbe ist, um so geringer wird die Wassermenge sein, welche die Quadratmeile Bodenfläche zur Zeit der höchsten Anschwellungen liefert, denn theils wird nicht leicht ein grösserer Landstrich in seiner ganzen Ausdehnung von dem heftigen Regen getroffen, und theils verursacht der längere Weg, den das Wasser zurücklegen muss, bevor es den Fluss erreicht, auch, dass es sich weniger gleichzeitig darin ansammelt, und sonach ist die in jeder Secunde zuströmende Wassermenge verhältnissmässig geringer, als in kleineren Bächen.
3) Endlich ist auf flachem und aufgeschwemmtem Boden derjenige Theil des Niederschlages, der sich in die Erde zieht, oder auf Wiesenflächen und anderen Ebenen, die fast horizontal sind, zurückgehalten wird, verhältnissmässig grösser und zugleich bewegt sich das Wasser darüber viel langsamer nach dem Flusse, als in einer Gebirgsgegend. Beide Ursachen vereinigen sich dahin, die gleichzeitig abfliessende Wassermenge zu vermindern.

Es ergiebt sich hieraus, dass der Werth der grössten Wassernge eines Flusses von den benannten Localverhältnissen abhängig , dabei entsteht aber die Frage, ob jene 360 Cubikfuss für die adratmeile Flussgebiet das Maximum bezeichnen, also für kleine birgsflüsse gelten, oder ob sie die mittlere Grösse der höchsten schwellungen sind. Man darf das Letzte kaum annehmen,

denn selbst in unsern Gegenden ist der Niederschlag in 2½
zuweilen grösser, als 2¼ Zoll. Demnächst wird in den Fel
der dritte Theil dieser Regenmenge nicht immer eindringe
selbst der aufgeschwemmte Boden wird nicht soviel aufn
wenn er schon vorher sehr nass war. Endlich ist auch d
aussetzung, dass das Wasser 2½ Tage gebraucht, um
Strom abzufliessen, sehr zweifelhaft, insofern manche Gebir
regelmässig nur 24 Stunden lang angeschwollen bleiben.
Beispiele werden zeigen, dass Prony's Annahme in der T
niedrig ist.

Bei Gelegenheit eines Brückenbaues über die Ruhr be
heim kam es darauf an, die Wassermenge zu kennen, wel
Zeit der höchsten Anschwellungen hier durchströmt, und die
Untersuchung des in den letzten Decennien beobachteten h
Wasserstandes ergab, mit Berücksichtigung der Profilwe
des Gefälles, eine Wassermenge von 56000 Cubikfuss
Secunde, was bei der Ausdehnung des ganzen obern
gebietes von 85 Quadratmeilen für 1 Quadratmeile 660
fuss macht.

Im Domleschger Thale im Canton Graubünden, wo de
ringsum von den Gletschern gespeist wird, hat man bei G
heit der daselbst ausgeführten Correctionsarbeiten auf eine W
menge geschlossen, die bis 1100 Cubikmeter oder 35500 Cu
in der Secunde beträgt. Die Ausdehnung des Flussgebiet
aber nur etwa 25 Meilen, daher treffen auf die einzelne Q
meile über 1400 Cubikfuss.

Wenn auch der letzte Fall sich auf so eigenthümlic
hältnisse bezieht, dass er nicht als Norm angenommen
kann, und der erste es noch zweifelhaft lässt, ob die Ge
digkeit wirklich so gross war, als man vorausgesetzt hat,
eine Veranlassung zur theilweisen Hemmung des Abflus
getreten sein mochte, was sich nicht mehr mit Sicherheit e
liess, so darf man bei der grossen Ausdehnung des Ru
doch keineswegs das Maximum des Werthes für das Hoc
erwarten. Hiernach erscheint es angemessen, so lange
Beobachtungen fehlen, Prony's Annahme nur als Minim

achten. Hiermit stimmt auch ungefähr die Regel überein, ach man in manchen Theilen des mittleren Deutschlands die Profile Brücken und Archen bestimmt, wenn keine andern Umstände über nähern Aufschluss geben: man setzt nämlich voraus, dass h Maassgabe der besondern localen Verhältnisse jede Quadrat-le Flussgebiet dem Flusse zur Zeit der höchsten Anschwellung bis 600 Cubikfuss in der Secunde zuführt.

Sobald man annähernd die grösste Wassermenge kennt, so es unter Zugrundelegung der gewöhnlichen Annahmen über Bewegung des Wassers leicht, das passende Profil zu bestimmen. e aber bei allen natürlichen Flüssen sich zwei verschiedene ofile bilden, nämlich eins für den gewöhnlichen niedrigen asserstand oder das eigentliche Flussbette und eins für die hohen athen, welches sich von einem Thalrande oder von einem Deiche zum andern erstreckt, so erscheint es auch angemessen, dem nstlich gebildeten Flusse in gleicher Weise zwei verschiedene ofile zu geben. Man verstärkt dadurch bei kleinem Wasser e Strömung und verhindert Versandungen, und ausserdem ist die hle des weiteren Profiles noch als Wiese oder wenigstens als eidegrund zu benutzen. Durch eine weitläufige Rechnung, die doch grossentheils auf sehr willkührlichen Vorraussetzungen be-ht, findet Prony diejenigen Zahlenverhältnisse des doppelten ofiles, welche in Fig. 122 dargestellt sind, nämlich für eine wisse Maasseinheit

die obere Breite des weiten Profiles . .	45
die untere - - - - . .	39
die obere Breite des engen Profiles . .	15
die untere - - - - . . .	9
die Höhe des weiten, so wie des engen Profiles	2

e Böschungen sind dabei mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage angenommen, d der Flächeninhalt des weiten Profiles verhält sich zu dem s engen wie $4\frac{1}{2}$ zu 1.

Geht man von der bekannten Formel aus

$$c = \varkappa \sqrt{\left(\frac{h}{l} \cdot \frac{q}{p}\right)}$$

wo c die Geschwindigkeit
h das absolute Gefälle

l die Länge des Canales
$\varkappa$ eine gewisse Constante
q den Flächeninhalt und
p den benetzten Umfang des Profiles bedeutet
und nennt man jene noch zu ermittelnde Einheit x, so find

$$q = 108 . x^2$$
$$p = 47{,}42 . x$$

Die Wassermenge ist aber

$$M = c . q$$

Hieraus ergiebt sich

$$x^5 = 0{,}00003765 . \frac{M^2}{\varkappa^2} \cdot \frac{l}{h}$$

Wenn man hier wie gewöhnlich die Constante $\varkappa$ gleich 90
so folgt
$$x^5 = 0{,}00000000465 . M^2 \frac{l}{h}$$

Für den Fall, dass $M = 1000$ Cubikfuss und $\frac{h}{l} = \frac{1}{2000}$ ist,
sich ergeben
$$x = 1{,}56$$
also die obere Breite des weiteren Profiles gleich 70 Fus
des engeren $23\frac{1}{2}$ Fuss und die Tiefe jedes Profiles gleich
$1\frac{1}{2}$ Zoll.

Gegen die Angemessenheit dieses von Prony empf
Profiles lässt sich im Allgemeinen zwar nichts erinnern,
wird dasselbe unter gewissen localen Verhältnissen leich
passend bleiben und einer Modification bedürfen. Prony's
nungen sind übrigens nicht so einfach, indem er die vie
plicirtere Formel über die Bewegung des Wasser in Flus
zum Grunde legt, die schon oben §. 17 angedeutet is
Resultate, zu denen er gelangt, sind indessen ihrem
nach von den obigen nur wenig verschieden. In dem e
ten Werke über die Pontinischen Sümpfe wird noch mit
dass bei den Entwässerungen in Burgund diese Bestimm
Wassermengen und der Profile der Ableitungsgräben z
brauchbaren Resultaten geführt hat, indem bei hohen An
lungen die Profile sich füllen, die Deiche aber nicht übe
werden.

§. 28.

Abzugsgräben.

Wenn die Vorarbeiten zu dem Resultate geführt haben, dass [...]zu entwässernde Fläche höher liegt, als der Fluss oder das [...]er, in welches man den Abzugsgraben leiten kann, so kommt [...]darauf an, diesen so anzuordnen, dass er mit dem möglichst [...]einsten absoluten Gefälle die ganze Wassermenge abführen im Stande ist. Geht man wieder von der Formel

$$c = \varkappa \sqrt{\left(\frac{h}{l} \cdot \frac{q}{p}\right)}$$

[...]s, und bezeichnet man noch durch

t die mittlere Tiefe,

b die Breite des Profiles und

M die in einer Secunde abgeführte Wassermenge,

ist annähernd

$p = b$ und folglich

$$c = \varkappa \sqrt{\left(\frac{h\,t}{l}\right)}$$

$$\text{und } h = \frac{1}{\varkappa^2} \cdot \frac{M^2\,l}{b^2\,t^3}$$

[...] kommt darauf an, das absolute Gefälle, oder h möglichst [...]ermässigen. Dieses geschieht

1) indem man M oder die Wassermenge vermindert. Hiervon ist im Vorigen bereits die Rede gewesen.
2) indem l oder die Länge des Canales verringert wird. Auch hierüber ist Einiges schon angedeutet worden, und es mag nur noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass nach Ausweis der vorstehenden Formel das absolute Gefälle in demselben Maasse vermindert wird, wie sich die Länge des Canales verkürzt.
3) durch Vergrösserung der Breite des Canales und
4) durch Vergrösserung der Tiefe desselben.

Die beiden letzten Mittel sind in Bezug ihrer Wirksamkeit [...]ch ihres sonstigen Einflusses einander nicht gleich, denn wenn [...]n die Breite des Canales verdoppelt, so vermindert sich das [...]solute Gefälle auf den vierten Theil, es reducirt sich aber [...]f den achten Theil, wenn man die mittlere Tiefe verdoppelt.

Ausserdem wird durch die Vergrösserung der Breite eine entsprechende Fläche Landes für die Cultur verloren, was bei der Vermehrung der mittleren Tiefe nicht geschieht; durch letztere erreicht man auch noch den Vortheil, dass der Pflanzenwuchs minder stark zu sein pflegt, als in einem flachen Graben. Es lässt sich indessen die mittlere Tiefe des Grabens nicht willkührlich vergrössern, auch ist die vorstehende Formel nicht mehr richtig, sobald die Tiefe einen namhaften Theil der Breite ausmacht. Besonders ist hierbei der Umstand zu berücksichtigen, dass der Graben nicht mit senkrechten Mauern eingefasst, sondern in dem natürlichen Boden ausgehoben wird, woher seine Ufer eine gewisse Böschung behalten müssen, ohne welche sie einstürzen, oder doch von dem strömenden Wasser leicht angegriffen werden würden. Bei Gelegenheit der Schifffahrtscanäle wird hierüber ausführlicher die Rede sein, es ist aber schon hier zu bemerken, dass man den Canalufern nach der Beschaffenheit des Bodens sowohl über als unter dem Wasser mindestens eine $1\frac{1}{2}$ bis 2fache Anlage geben muss.*) Wenn daher die Breite der Sohle des Canales auch nur der sechsmaligen Tiefe über der Sohle gleich ist, so beträgt die mittlere Tiefe nur den 11. bis 13. Theil der Breite des Canales im Wasserspiegel. Nimmt man zwischen diesen beiden Grössen, oder zwischen t und b ein bestimmtes Verhältniss an, so braucht man nur eine dieser Dimensionen als unbekannte Grösse einzuführen.

Kennt man demnächst aus den angestellten Untersuchungen das absolute Gefälle (h), das der Graben erhalten darf, wenn er seinen Zweck erfüllen soll, und die Länge (l), so bleibt noch die Wassermenge (M) zu bestimmen. Wenn letztere nur von dem atmophärischen Niederschlage herrührt, der unmittelbar in dem Sumpfe niederfällt, so kann man sie aus der Ausdehnung desselben annähernd finden. Man darf aber nicht vergessen, dass der Regen über dem feuchten Terrain häufig viel

---

*) Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche sagt man zweifüssige Dossirung, diese Benennung ist indessen so wenig bezeichnend, dass der Ausdruck Anlage, der in diesem Sinne auch häufig gebraucht wird, wohl den Vorzug verdient; eine zweifache Anlage findet also statt, wenn die horizontale Projection der zweifachen Höhe gleichkommt.

bedeutender, als in den umherliegenden freieren Gegenden ist und dass andererseits hier wieder die Verdunstung geringer bleibt; die Entwässerungsgräben haben also gewiss mehr als den dritten Theil des jährlichen Niederschlages abzuführen. Dazu kommt noch, dass der Sumpf schon in den Monaten April und Mai vollständig trocken gelegt, und sonach bis zu dieser Zeit die ganze Wassermenge abgeführt werden muss, die hier angesammelt war, und wegen des Frostes oder des höheren Wasserstandes im Flusse während des Winters und des ersten Frühjahrs nicht entfernt werden konnte. Die Gräben erhalten daher wenigstens eine solche Profilweite, dass sie während eines Monats den vierten Theil des jährlichen Niederschlages abzuführen im Stande sind. Beträgt die Höhe des letzteren 24 Zoll, so würden von der Quadratmeile 288 Millionen Cubikfuss in einem Monate, oder in der Secunde 110 Cubikfuss durch den Hauptgraben abfliessen müssen. Sobald der Wasserstand in der Niederung höher ist, so vermehrt sich freilich die Capacität des Abzugsgrabens, allein man darf hierauf nicht zu viel rechnen, weil auch der Wasserstand im Flusse noch höher sein kann, als er in dieser Jahreszeit durchschnittlich ist und sonach das Gefälle sich wieder vermindert.

Um ein Beispiel dieser Rechnung zu geben, nehme ich an, dass die Ausdehnung der zu entwässernden Niederung eine Quadratmeile beträgt, und die Wassermenge eines 6 Zoll hohen Niederschlages in einem Monate abgeführt werden soll; ferner dass der Boden eine $1\frac{1}{2}$fache Anlage für die Ufer erlaubt und das Verhältniss der Breite des Profiles zur mittleren Tiefe wie 12 zu 1 ist, und endlich dass das Gefälle auf die Meile 4 Fuss beträgt. Den Werth der Constante $\varkappa$ findet Eytelwein nach einigen Beobachtungen gleich 90,9, doch möchte dieser Werth vielleicht im Allgemeinen schon zu gross sein, und gewiss ist er geringer, wenn das Bette nicht ganz rein ist und der Pflanzenwuchs der Bewegung des Wassers wenigstens am Boden hinderlich wird. Es sei daher $\varkappa$ gleich 70. Die obige Gleichung

$$b^2\, t^3 = \frac{M^2}{\varkappa^2} \cdot \frac{l}{h}$$

giebt hiernach $b^5 = 12^3 \,.\, 6000 \,.\, \left(\frac{110}{70}\right)^2$

daher $b = 30{,}31.$

Die Breite des Grabens im Wasserspiegel beträgt also 30¼ Fuss, die Sohlenbreite 21¼ Fuss, die Tiefe 3 Fuss und das Wasser bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 1½ Fuss in der Secunde.

Diese **Geschwindigkeit** stellt sich in dem Graben nur ein, wenn der starke Abfluss stattfindet, in der trockenen Jahreszeit ist sie noch geringer, so dass man vielleicht kaum die Bewegung des Wassers bemerkt. Dieser Umstand verdient Erwähnung, weil nach einem allgemein verbreiteten Vorurtheile zur Bewirkung einer gehörigen Entwässerung das Wasser sich im Abzugsgraben mit grosser Geschwindigkeit bewegen muss. Dieses ist aber, wenn man kein überflüssiges Gefälle hat, durchaus unrichtig, und eine starke Strömung zeigt sogar, dass das Abflussprofil zu klein und das Gefälle zu gross ist, oder dass man eine Anordnung gewählt hat, wobei der Wasserspiegel in der Niederung nicht so tief gesenkt wird, als geschehen könnte.

Von wesentlichem Einfluss ist ferner die **Lage des Haupt-Entwässerungsgrabens**. Derselbe muss wo möglich ungefähr in der Mitte den Sumpf durchschneiden, damit den Nebencanälen ein hinreichendes relatives Gefälle gegeben werden kann, welches durch Verlängerung derselben sich vermindern würde. Aus dem gleichen Grunde darf auch der Hauptcanal keine überflüssige Länge haben, oder er muss möglichst gerade gezogen werden. Von besonderem Einflusse ist hierbei aber die Höhenlage des Terrains. Insofern nämlich der Graben die ganze versumpfte Gegend entwässern soll, so muss er niedriger liegen, als jeder Theil derselben, daher ergiebt sich seine Richtung, wenn man die grösste Vertiefung nach der Länge des Sumpfes verfolgt, oder wenn man die tiefsten Punkte der Querprofile mit einander verbindet. Nach der ersten Bedingung darf man nicht alle scharfen Krümmungen verfolgen, die den Canal leicht auf eine nachtheilige Art verlängern könnten, wogegen die Einführung sanfter Biegungen nicht nachtheilig ist und für die Erdarbeiten oft eine grosse Erleichterung gewährt. Prony führt bei der Bestimmung dieser Linie eine andere Betrachtung ein, die zu demselben Resultate führt. Wenn nämlich ein starker Regen anhaltend niederfällt, so wird der Sumpf sich mit Wasser bedecken und es wird sich darin eine Strömung bilden. Die Richtung derselben oder diejenige Linie, in welcher das Wasser am

stärksten abfliesst, muss für den Abzugsgraben gewählt werden, und es ist klar, dass sie sowohl durch die grössere Tiefe bedingt sein wird, als sie auch weite Umwege umgeht. Diese Linie ist dieselbe, die man beim Strombau den Stromstrich nennt.

Diese Regel kann indessen nicht Anwendung finden, wenn der Sumpf stellenweise besonders tief liegt und wenn es Absicht ist, auch auf diese Stellen die Entwässerung auszudehnen. Selbige würden nämlich, wenn sie nicht etwa ganz seitwärts liegen, vom Hauptgraben durchschnitten werden und man müsste die ganze Wassermasse in sie hineinleiten. Für diese Vertiefungen ist aber das Sammelwasser des höher liegenden Sumpfes schon als fremdes Wasser zu betrachten, und man thut also nicht recht, dasselbe gleich herabzustürzen, vielmehr kann man aus ihnen das Wasser mit geringem Gefälle viel leichter entfernen, wenn man durch Umdeichung den Zufluss absperrt und sonach die Wassermenge vermindert. Dieser Fall kommt freilich nicht häufig vor, doch giebt es in den Marschen in Holland vielfache Beispiele davon, und einzelne dieser Flächen, die man dort Meere nennt, liegen 10 Fuss und mehr tiefer als die Abzugsgräben der umgebenden Niederungen. Sie werden jedesmal künstlich entwässert; sollte bei einer Entsumpfung die Gelegenheit vorhanden sein, für solche Stellen noch einen natürlichen Abfluss zu bilden, so muss dieses in einem besonderen Abzugsgraben geschehn, der von dem Hauptcanale gleichfalls durch Deiche getrennt ist.

Die Seitengräben, oder die Canäle der zweiten Ordnung folgen dem natürlichen Abhange, den die Niederung von dem Rande aus nach der tiefsten Einsenkung hat, woselbst der Hauptentwässerungsgraben angelegt ist. Gemeinhin erlaubt die Beschaffenheit des Terrains, ihnen ein stärkeres Gefälle zu geben, als der letztere erhalten darf; man legt sie aber nicht in diejenige Richtung, in welcher die Wiesenfläche geneigt ist, und dieses theils deshalb, weil sie alsdann weniger Wasser aufnehmen würden, insofern sie den natürlichen Lauf desselben nicht kreuzen, theils aber auch, weil sie durch eine mehr schräge Richtung die Länge des Weges, den das Wasser im Hauptcanale noch verfolgen muss, etwas verkürzen und dadurch ein stärkeres relatives Gefälle erhalten. Für den Fall, dass die Wiesen-

fläche normal gegen den Hauptcanal geneigt ist, kann man leicht diejenige Richtung des Seitencanals finden, die dem stärksten Gefälle entspricht. Die Neigung der Thalfläche gegen den Hauptcanal sei $1:n$ und das Gefälle des letzteren $1:m$. Alsdann ist das relative Gefälle des unter dem Winkel α einmündenden Seitencanales

$$= \frac{1}{n} \operatorname{Sin} \alpha + \frac{1}{m} \operatorname{Cos} \alpha$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{m}{n}$$

Die Entfernung, in welcher man diese Seitengräben von einander anlegt, richtet sich nach dem Nutzen, den das ganze Unternehmen verspricht, und sonach nach den Kosten, die man darauf verwenden kann. Im Allgemeinen legt man die Gräben um so weiter auseinander, je länger sie sind und je grösser ihr Profil ist. In den Niederungen an der Rhone sind sie 150 bis 300 Ruthen entfernt, in den Maremmen bei Castiglione in Toscana, sowie auch in den Pontinischen Sümpfen, misst ihr Abstand ungefähr 400 Ruthen, und wo sie in den eingedeichten Marschen des nördlichen Deutschlands und in Holland einigermaassen regelmässig vorkommen, liegen sie durchschnittlich in Entfernungen von etwa 300 Ruthen.

Bei grösseren Entsumpfungen genügen die Entwässerungscanäle der ersten und zweiten Ordnung noch nicht, und man muss deren noch andere ausführen, welche in die Seitencanäle münden und wieder mit den Hauptcanälen parallel laufen. Ueber diese ist hier nichts zu bemerken, da sie lediglich nach ökonomischen Rücksichten angeordnet werden und ihre Ausführung in der Regel auch nicht in den Hauptplan aufgenommen wird, sondern dem Besitzer jedes Grundstücks überlassen bleibt. In vielen Fällen ist es nicht möglich, die verschiedenen Ordnungen der Entwässerungsgräben von einander zu unterscheiden. Dieses gilt schon von den Hauptgräben und Seitengräben, indem nach der localen Beschaffenheit oft ein Seitengraben so viele andere Seitengräben aufnimmt, oder wenn eine Anhöhe dazwischen liegt, auch auf eine längere Strecke mit dem Hauptgraben parallel geführt wird, so dass er wirklich Hauptentwässerungsgraben ist.

Der Unterschied ist auch in keiner Beziehung wesentlich, und man wählt die Richtung und Profilweite der Seitengräben mit Rücksicht auf die Fläche, welche sie entwässern sollen, nach denselben Regeln, die für den Hauptcanal angegeben sind.

Es ist noch zu erwähnen, dass der Wasserspiegel in den Gräben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss unter dem Terrain gehalten werden muss, wenn eine geregelte Grasnutzung stattfinden soll, $2\frac{1}{2}$ Fuss, wenn man Feldfrüchte bauen will, und dass die Cultur von Obstbäumen eine Senkung des Wasserspiegels von wenigstens 4 Fuss erfordert.

Die Ausführung der Entwässerungsgräben ist wegen der sumpfigen Beschaffenheit des Bodens gemeinhin sehr schwierig, und nicht leicht kann man sie in ihrer vollen Tiefe gleich Anfangs darstellen, wie bei Schifffahrtscanälen geschieht. Man beginnt die Arbeit, indem man in der Richtung des Hauptcanales und zwar von unten nach oben diejenigen Erhebungen des Terrains durchsticht, welche vorzugsweise den Abfluss des Wassers hemmen, man bewirkt dadurch sogleich einige Senkung des Wasserspiegels und kann alsdann die Gräben leichter vertiefen, doch vergehn oft Jahre, bevor man den Wasserspiegel so weit gesenkt hat, dass die volle Tiefe den Gräben gegeben werden kann. Zuweilen findet sich eine grosse Erleichterung auch in der starken Strömung, die sich Anfangs in dem Hauptcanale darstellt und welche dessen Verbreitung und Vertiefung befördert. So ist der Canal zwischen dem Wallenstädter und Züricher See nur in einzelnen kurzen Strecken ausgegraben worden, weil der Wasserzudrang so stark war, dass man die Hoffnung aufgeben musste, eine längere Zeit hindurch eine Baugrube wasserfrei zu halten. Man bemühte sich nur durch Anstellung so vieler Arbeiter, wie darin irgend Platz fanden, möglichst schnell die Tiefe darzustellen. So bildeten sich einzelne Gruben, die nicht nur durch Erddämme, sondern oft auch durch versunkene Baumstämme und grosse Steine von einander getrennt waren. Die Strömung war indessen stark genug, um solche Gegenstände zu beseitigen. Zu diesem Zwecke wendete man hier auch das Bohrruder an, welches Fig. 123 dargestellt ist. Es ist unten mit Eisen beschlagen und mit einem stählernen Dorn versehn. Es wird benutzt, indem man es dreht, wozu die lange Handhabe

dient, und während der Drehung dringt der Dorn weit voran in die Erde und giebt dadurch die nöthige Haltung, um auf einer bestimmten Stelle die Wirkung hervorbringen. Die Erddämme wurden hiermit leicht entfernt und ebenso konnte man damit neben grossen Steinen oder Baumstämmen die Erde auflockern, welche sogleich der Strom wegspühlte, bis endlich diese Gegenstände so weit frei wurden, dass das Wasser sie entweder forttrieb, oder sie gehoben werden konnten.

In andern Niederungen, wo der Boden weicher ist, ist es nicht sowohl der starke Wasserzudrang, welcher die Arbeit erschwert, als vielmehr die geringe Consistenz der Oberfläche. In England stellt man die Arbeiter aus diesem Grunde auf einen aus Brettern gebildeten Rahmen und giebt ihnen lange Spaten, damit sie von diesem Standpunkte aus recht tief graben können. Hierbei ereignet sich häufig noch der sehr ungünstige Umstand, dass der stark durchnässte Boden selbst in sehr flachen Dossirungen nicht steht und sonach die Wände des Canales einstürzen. Es bleibt alsdann nichts übrig, als entweder den Zeitpunkt abzuwarten, bis nach und nach durch die allmälige Senkung des Wasserspiegels das Erdreich so weit ausgetrocknet ist, dass man regelmässige und tiefe Gräben darstellen kann, oder man lässt die Baustellen voll Wasser laufen und bewirkt ihre Vertiefung nicht mehr durch Grabenarbeit, sondern durch Baggerung. Wählt man das letzte Mittel, so bleiben die Dossirungen immer dem Gegendrucke des Wassers ausgesetzt und leiden alsdann weniger.

Die ausgegrabene oder ausgebaggerte Erde findet am bequemsten ihren Platz unmittelbar zur Seite des Grabens, und da es sehr wichtig ist, feste Ufer zu schaffen, damit man den Graben mit Leichtigkeit untersuchen und die etwa nöthigen Aufräumungen darin vornehmen kann, so rechtfertigt sich auch in dieser Beziehung eine solche Anordnung. Andrerseits aber wird durch die Beschwerung des äussern Uferrandes die Dossirung um so leichter herausgedrängt, und es kann geschehn, dass gerade hierdurch der Einsturz der Erde veranlasst wird, und der Graben sich wieder zuschiebt. Man muss also, wenn dieses besorgt wird, die ausgebrachte Erde recht gleichmässig und weit verbreiten, damit sie an keiner Stelle einen starken Druck ver-

ursacht. Doch auch in andern Fällen muss man sich hüten, förmliche Deiche darzustellen, wodurch ein Abfliessen des Wassers aus dem Sumpfe nach dem Graben verhindert würde, oder wenn sich dieses wegen der nöthigen Höhenlage der Wege nicht vermeiden lässt, so muss man wenigstens die gehörigen Durchlässe anbringen, um nirgend eine Ansammlung des Wassers zu veranlassen. Die letzte Regel findet nur so lange Anwendung, als der Graben noch innerhalb des zu entwässernden Terrains sich befindet; sobald er dieses verlassen hat, so hindert nichts und es ist oft sogar nothwendig, ihn vor jedem Seitenzuflusse sicher zu stellen und zu verhüten, dass er sich nicht in die anliegenden Niederungen ergiesst, die vielleicht auf andere Art entwässert werden.

Bei Ausführung der Abzugsgräben werden die Arbeiter wegen des dauernden Aufenthalts auf dem nassen Boden und wegen des Einathmens der Sumpfluft häufig von Krankheiten und namentlich von Fiebern befallen. Durch gehörige Einleitung der Arbeit und Sorge für die Mannschaft lässt sich indessen dieses grossentheils vermeiden. Die Vorsichtsmaassregeln, die Sommariva bei Trockenlegung des Sumpfes von Coquenard anwendete und die er für ähnliche Fälle empfiehlt, sind folgende: 1) man soll die Arbeit in trockener Jahreszeit unternehmen; 2) in das stehende Wasser sobald wie möglich einige Bewegung bringen; 3) dieselben Arbeiter nicht mehrere Tage hindurch beim Graben (was immer das gefährlichste ist) gebrauchen, sondern sie abwechselnd karren lassen und 4) dafür sorgen, dass die Arbeiter auf sumpfigen Stellen nie ausruhen, sondern während der Ruhezeiten immer auf höhere Punkte gehn, auch dort ihre Mahlzeiten einnehmen, dass sie aber während der Nacht sich ganz aus dem Bereiche des Sumpfes entfernen müssen. Wenn hierdurch auch die eigentliche Arbeitszeit um einige Stunden gekürzt wird, so dürfte diese Vorsicht nicht nur durch das höhere Interesse der Humanität gerechtfertigt werden, sondern auch in ökonomischer Beziehung nicht unvortheilhaft sein, da eines Theils die Leistungen von kranken Arbeitern sehr geringe ausfallen und man andern Theils die Leute, wenn sie sich durch die angewiesenen Verrichtungen Krankheiten zugezogen haben, doch nicht ohne Unterstützung fortschicken kann. Es ist aber nothwendig, dass

diese Sorge für das physische Wohl der Arbeiter von dem aufsichtsführenden Baumeister ausgehn muss, da die Arbeiter selbst ganz allgemein entweder aus Unkenntniss der Gefahr, oder aus Ueberschätzung ihrer Kräfte durch blosse Warnungen nicht vermocht werden, eine Vorsichtsmaassregel anzuwenden, die mit einer Schmälerung ihres Verdienstes oder mit weiteren Gängen oder andern Unbequemlichkeiten verbunden ist.

§. 29.

Colmationen.

Zuweilen liegt der Sumpf, der entwässert werden soll, so niedrig, dass die Senkung des Wasserspiegels bis unter seine Oberfläche nicht möglich ist; in diesem Falle finden die Colmationen*) oder die künstlichen Erhöhungen des Bodens Anwendung. Sie kommen aber auch vor, wenn das nöthige Gefälle für den Hauptabzugsgraben zwar geschafft werden kann, wenn aber die ganze Niederung nahe horizontal ist, und aus diesem Grunde das Wasser nicht schnell genug den Gräben zufliessen würde.

Die Colmationen können auf verschiedene Art bewirkt werden; die einfachste, doch zugleich auch die kostbarste Art derselben besteht darin, dass man den Sand oder die sonstige Bodenart, die man zur Erhöhung des Sumpfes benutzen will, unmittelbar auf denselben aufkarrt. An der untern Lippe sind viele niedrige Wiesen hierdurch erhöht worden, und die Arbeit erleichterte sich daselbst einigermaassen dadurch, dass unmittelbar daneben die höheren sandigen Ufer liegen, so dass der Sand nicht weit zu transportiren war. Gewöhnlich wird aber das Wasser zur Herbeiführung des Sandes und des sonstigen Materials benutzt, und zwar entweder, indem man künstlich die Bäche gegen hohe sandige Ufer führt, um dieselben anzugreifen und den Sand mit sich zu reissen, wobei man noch das Ufer abzustechen und den Sand in den Bach zu werfen pflegt, oder aber man überlässt den Bächen und Flüssen die Zuführung des

*) *la Colmata*, die Ausfüllung.

als und bemüht sich nur, dieses möglichst vollständig an
igen Stellen abzulagern, die man erhöhen will. Der erste
itt bei der Darstellung der sogenannten Schwemmwie-
der beim Wiesenflössen ein, und hiervon wird passender
legenheit der Wiesenwässerungen die Rede sein; der letzte
st aber der wichtigste und derselbe wird vorzugsweise
der Benennung Colmation verstanden.
ie Quantität der erdigen Stoffe, welche ein Fluss mit sich
hängt theils von der Beschaffenheit des Terrains und theils
er Geschwindigkeit der Strömung ab. Es sind sonach
alle Flüsse zur Colmation gleich brauchbar. Vorzüglich
ebirgsflüsse, die nicht auf nackten Felsen ihre Quellen
ln, zu Colmationen geeignet, jedoch auch diese nicht
d, sondern nur während der Zeit der stärksten Anschwel-
, denn bei trockner Witterung pflegen sie zu versiegen
och stellenweise eine so geringe Strömung zu haben, dass
st alles Material, was sie führen, sich schon niederschlägt.
iernach beschränkt sich die Zeit der Colmationen immer
f wenige Tage. Die Anlagen, die hierbei in Anwendung
n, beziehn sich zunächst darauf, dass man den Fluss an
ge Stelle leitet, wo die Aufhöhung eintreten soll. Zu
Zwecke müssen regelmässige Betten mit möglichst gleich-
em und nicht zu geringem Gefälle eingerichtet werden,
der Fluss überall eine starke Geschwindigkeit behält und
twa schon früher das Material fallen lässt. Es darf aber
lusswasser, welches zur Colmation benutzt wird, nicht
den Ueberlauf über ein Wehr abgefangen werden, sondern
flussöffnung muss sich bis zur Sohle des Flussbettes er-
n. Der Nachtheil eines Wehrs in diesem Falle besteht
dass dasselbe vor sich einen Stau erzeugt, wodurch das
r an Geschwindigkeit verliert und deshalb die erdigen Stoffe
lässt. Demnächst fängt jede Erhebung in der Sohle auch
aus anderm Grunde einen grossen Theil des Materials
welches der Fluss mit sich führt. Von diesem Material
nlich nur ein Theil so fein, dass er im Wasser schwebt,
e Thontheilchen und der feinste Sand. Der gröbere Sand,
Kies und andres Geschiebe, erhebt sich dagegen nie über
Boden, sondern wird in ähnlicher Art vom Wasser fort-

getrieben, wie die gröberen Sandkörnchen an der Meeresküste sich beim Sturme bewegen: sie rollen auf dem Boden hin, und wo sie einen plötzlichen Widerstand finden, da werden sie schräge aufgeworfen und hüpfen oft in weiten Sprüngen fort, doch werden sie niemals, dem Staube gleich, von der Luft oder dem Wasser getragen, und können daher vortretende Wände oder Wehre nicht übersteigen. Indem es Absicht ist, so viel festes Material, als irgend möglich, durch die Colmation aufzufangen, so muss der Zuleitungscanal ein ebenes Bette erhalten, welches einer solchen Bewegung kein Hinderniss entgegensetzt.

Sodann muss das trübe Wasser, wenn es an die zu colmirende Stelle geführt ist, möglichst in Ruhe kommen. Zuweilen begnügt man sich, zu diesem letzten Zwecke nur einzelne Hindernisse der Bewegung entgegenzustellen, wie Strauchzäune u. dergl., wodurch die Geschwindigkeit nicht ganz zerstört, sondern nur vermindert wird. Der Erfolg beschränkt sich alsdann aber nur darauf, dass man das gröbere unfruchtbare Geschiebe auffängt, während die feinen im Wasser schwebenden Theilchen, welche in der Regel der Vegetation besonders förderlich sind, fortgeführt werden; doch auch in quantitativer Beziehung ist der Verlust, der auf solche Art entsteht, keineswegs unbedeutend, und sonach ist die andere Methode, wobei das Wasser grosse mit Deichen umgebene Bassins füllt und vollständig geklärt daraus wieder abfliesst, viel wirksamer und zugleich in den späteren Erfolgen viel günstiger. Wird aus diesen Bassins nach einiger Zeit das Wasser abgelassen, oder fliesst es schon während des Zuflusses aus, so muss dieses immer auf eine Art geschehen, die derjenigen entgegengesetzt ist, durch welche das Wasser aus dem natürlichen Flussbette hineingeleitet wurde. Beim Austritt aus der Colmation muss nämlich der Abfluss möglichst nahe an dem Wasserspiegel erfolgen, um Aufstau zu erzeugen und um die Stoffe, die sich bereits zu Boden gesetzt hatten, nicht wieder in Bewegung zu bringen. Man lässt also hier das Wasser über Wehre abfliessen, und selbst wenn Grundablässe angebracht werden, die man zur vollständigen Trockenlegung nicht entbehren kann, so dürfen diese nicht durch Schütze geschlossen sein, welche beim Oeffnen eine zu starke Strömung am Boden hervorbringen würden, sondern man bedient sich hier der Vor-

tzbohlen, die eine nach der andern abgehoben werden, je-
chdem die Senkung des Wasserspiegels dieses zulässt, wo-
rch also die untern immer noch die Stelle eines Wehrs ver-
hn, bis endlich der Wasserstand im Bassin sich so sehr
rmindert hat, dass dadurch der Entstehung einer starken Strö-
ung vorgebeugt wird.

Auf solche Art werden einzelne Flächen oder Felder in der
iederung erhöht, und man geht mit diesen Anlagen im Allge-
einen von oben nach unten oder stromabwärts fort, und wo
e Erhöhung bereits erfolgt ist, giebt man dem Flusse, der
unmehr mit gehörigen Ufern eingeschlossen werden kann, einen
lchen Lauf, dass er alles Geschiebe mit sich führen muss,
nd dieses in die untern Colmationen, so lange dieselben noch
icht beendigt sind, absetzt. Ist endlich die ganze Niederung
ur beabsichtigten Höhe angewachsen und sind keine Vertiefungen
der Seen darin zurückgeblieben, so darf das Material, welches
er Fluss auch ferner mit sich führt, nicht zur Verwilderung
eines Bettes in den untern Strecken Veranlassung geben. Jeden-
alls muss man dafür sorgen, dass nicht das neue Bette in der
iederung, oder zunächst unterhalb derselben sich wieder anfüllt,
eil sonst der Wasserspiegel sich heben und dadurch zu einer
euen Versumpfung Veranlassung geben würde. Am zweck-
mässigsten ist es, durch Deckung der Ufer und durch Bepflan-
ung derselben die obern Flusstrecken so zu reguliren, dass
icht mehr so viel Material wie früher herabtreibt. Wenn diese
etzte Arbeit auch beim Beginne der Entwässerung ganz unaus-
führbar erscheinen sollte, indem die grossen Kosten der Anlage
nd Unterhaltung gar keinen unmittelbaren Gewinn versprechen,
o ändert die Cultivirung und die Ansiedelung in dem entwäs-
serten und gewöhnlich sehr fruchtbaren Terrain doch so sehr
lle Verhältnisse in der Nachbarschaft, dass nunmehr eine Strauch-
nd Baumpflanzung in den umliegenden Thälern vielleicht ein
ehr gewinnreiches Unternehmen wird.

Nach dem, was hier über die Colmationen und früher über
ie natürlichen Erhöhungen der Flussthäler gesagt worden, könnte
man vermuthen, dass künstliche Anlagen zu diesem Zwecke über-
flüssig sind, indem die Natur selbst dahin wirkt, und zwar so
vollständig, dass die Flüsse in ausgedehnten Niederungen alles

gröbere Material und in gewissem Grade auch die feinen im Wasser schwebenden Stoffe niederschlagen. Dadurch erhöhen sich indessen nur diejenigen Flächen des Flussthales, welche von der starken Strömung getroffen werden, und die entfernteren bleiben unverändert, bis diejenigen, welche in der nächsten und geradesten Richtung des Flusses liegen, so weit angewachsen sind, dass die Strömung des kürzeren Weges unerachtet sie nicht mehr verfolgen kann. Der Vortheil des kürzeren Weges veranlasst aber den Fluss schon vor der vollständigen Erhöhung des Sumpfes, den Umweg wieder zu verlassen, und so kann ein Thal, das stellenweise stark verbreitet ist, in den entlegeneren Theilen sich nicht so vollständig ausbilden, dass es dieselbst culturfähig wird. Noch übler ist es, wenn ein Seitenbach, der viel Geschiebe mit sich führt, einmündet, und den Abfluss des Wassers aus dem Hauptthale hemmt. Er bildet ein Wehr, das sich dauernd erhöht und verbreitet, und zwar in grösserem Maasse, als die Erhöhung des oberhalb belegenen Thales erfolgt. In vielen Fällen sind auch künstliche Anlagen und namentlich Mühlen, Veranlassung zur Versumpfung gewesen. Ueberall wird man aber die Verhältnisse wesentlich verbessern, wenn man die Ablagerung des Materials an denjenigen Stellen verhindert, wo dasselbe den Abfluss noch mehr hemmen würde und es vielmehr zur Erhöhung der niedrigen Flächen zur Seite des Flussbettes verwendet. Vielfache Erfahrungen haben den Nutzen der Colmationen ausser Zweifel gestellt, doch sind sie zu neu und zu wenig ausgedehnt, um allgemeine Regeln daraus abzuleiten. Es wird daher am passendsten sein, das wichtigste Beispiel, nämlich die Trockenlegung des Chiana-Thales, historisch mitzutheilen, und die Erfahrungen anzugeben, die dabei gemacht sind.

Das Chiana-Thal, welches sich auf der Grenze zwischen dem Grossherzogthume Toscana und dem Kirchenstaate, zwischen den Städten Arezzo und Orvieto beinahe in der Richtung von Norden nach Süden erstreckt, bildet eine natürliche Verbindung der Flussgebiete des Arno und der Tiber. Die grösste Höhe erreicht dieses Thal gegenwärtig auf der Südseite des Sees von Chiusi, es ist indessen dieser Scheitelpunkt künstlich dargestellt und dieses zeigt nicht nur die Ansicht des Längenprofils

25, sondern der Name des nahe belegenen Städtchens deutet auch darauf hin.*) Die Wasserscheide zwischen rno und der Tiber lag in früherer Zeit mehr nordwärts. alienischen Schriftsteller versetzen dieselbe in die Nähe ojano und sogar bis Porto di Pilli bei Arezzo. Der Bedafür wird aus einer alten Charte entnommen, die Julius Medici (später Clemens VII.) im Jahre 1551 aufnehmen und worin mitten durch den See von Pulciano ein Weg eutet ist, der nach der beigeschriebenen Bemerkung früher Arezzo nach Chiusi führte.**) Nach einzelnen Andeutungen r Schriftsteller hat man sogar der Ansicht Raum gegeben, der Arno sich in früherer Zeit bei Arezzo in zwei Arme e, von denen der eine bei Florenz vorbei denselben Weg lgte, den er auch heute einnimmt, während der andere h das Chiana-Thal von Norden nach Süden der Tiber zute und auf solche Art eine schiffbare Verbindung zwischen enz und Rom bildete.***) Man muss billig Anstand neh-, diese Vermuthung als Thatsache gelten zu lassen, auch y erklärt sich dagegen, doch ist von einem Eingriffe in den rlichen Lauf des Flusses schon sehr frühe die Rede gewesen. itus†) erzählt, dass man im Senate den Antrag machte, den nis (Chiana) von der Tiber abzuschliessen und dem Arno zueisen, um die Anschwellungen der Tiber zu mässigen, dass den Bitten der Florentiner Gehör gegeben wurde und da- Alles beim Alten blieb. Nichts desto weniger ist dieser chluss in späterer Zeit wirklich zur Ausführung gekommen, ohl es unbekannt ist, in welcher Zeit dieses geschah, und bildete sich bei Chiusi der Scheitelpunkt, von wo ab die na nunmehr auf 6 Meilen Länge nordwärts ihrem natürlichen

---

*) *la Chiusa*, die Abschliessung.

**) *Charte idrauliche dello stato antico e moderno della valle hiana, di Manetti. Fiorenze* 1823. Die kurze Beschreibung, len schönen Charten beigefügt ist, ist überaus lehrreich und in ischer Beziehung sehr interessant. Fig. 124 ist eine Copie dieser e in kleinerem Maassstabe.

***) *Extrait des recherches sur le système hydraulique de l'Italie de Prony. Annales des ponts et chaussés* 1834. *II. p.* 384.

†) *Annalium liber I.*

Gefälle entgegenfliessen musste. Wie man sich indessen an der Südseite gegen das Wasser zu schützen suchte, so geschah dieses auch auf der Nordseite; neben dem Mönchskloster am Ausgange des Chiana-Thales bei Arezzo erbaute man nämlich ein 38 Fuss hohes Wehr, wodurch das Thal in solchen Zustand versetzt wurde, dass Dante und Boccaz es erwähnen, um einen ungesunden und fürchterlichen Aufenthalt zu bezeichnen. Unter der Regierung der Medici wurde die Aufmerksamkeit auf diesen unglücklichen Landstrich ernstlich gerichtet. Die bereits erwähnte Charte, worin auch die Höhenlage mancher Punkte angegeben ist, sollte zur Entwerfung des Meliorationsplanes dienen. Nach dieser Charte fand sich zwischen Fojano bis gegen das Mönchskloster, Arezzo gegenüber, die Scheitelstrecke, und hier war stehendes Wasser, so dass man kaum eine Bewegung nach der einen oder der andern Seite wahrnehmen konnte. Torricelli, der über die zu wählenden Mittel befragt war, bezeichnete schon die Colmationen als das einzige Auskunftsmittel, das hier zu wählen sei. Er meinte, der Boden wäre zu sehr in einem Horizonte aufgewachsen, als dass man durch Abzugsgräben allein ihn trocken legen könnte, doch setzte er hinzu, dass „die Nebenflüsse Goldsand dem Thale zuführen,“ wodurch er den Segen andeuten wollte, den die gehörige Auffangung und Ablagerung desselben in der versumpften Gegend verbreiten würde. Das ganze Unternehmen gerieth indessen in Stocken, und wenn man auch einzelne Flächen dem Wasser zu entziehn suchte, so wurde doch erst am Schlusse des vergangenen Jahrhunderts unter der Regierung von Peter Leopold durch Fossombroni der zu befolgende Plan bestimmt bezeichnet. *) Die früheren Verhältnisse hatten sich damals wesentlich geändert und die Thalsohle war seit 1551 stellenweise um 37 Fuss erhöht. Die Bedingung, die Fossombroni sich stellte, war, einen regelmässigen Abfluss in nördlicher Richtung zu bilden und durch Colmationen den Boden so weit zu erhöhen, bis die Chiana oder vielmehr der neue Canal das ganze Thal entwässern könnte. Dieser

---

*) *Memorie idraulico storiche sopra la Val di Chiana*, in der oben erwähnten *Raccolta* 1789 mitgetheilt und 1823 zu Bologna besonders gedruckt.

nal sollte aber hinreichendes Gefälle erhalten, um in späterer t, wenn das Material zu solchem Zwecke nicht mehr gebraucht rde, dasselbe weiter stromabwärts bis unter das Wehr am nchskloster zu führen, und dadurch dem Entstehen neuer rsumpfungen im Thale vorzubeugen. Unter diesem Gesichts-nkte wurde die Arbeit auf Kosten der Regierung begonnen. e Situations-Charte Fig. 124 und das Profil Fig. 125 auf af. XII. zeigen den Zustand im Jahre 1823, wo zwar noch ne Menge Colmationen im Betriebe, aber doch schon die mei-en Flächen cultivirt und bebaut waren. Der Grund und Boden, er, wie es scheint, gar keinen Besitzer hatte, wurde Domäne, nd eine grosse Menge von Ansiedelungen erfolgte in diesen egenden, die früher unbewohnbar gewesen waren. Die Ver-umpfungen erstrecken sich indessen noch weiter südwärts, als e Charte angiebt, und so waren mit Einschluss desjenigen heiles, der zum Kirchenstaate gehört, etwa 8 Quadratmeilen ulturfähiger Boden zu gewinnen.

Die Colmationen, deren passendste Einrichtung sich erst urch die Erfahrungen herausstellte, die man hier machte, wur-en folgendermaassen angeordnet. Man umschloss die zu er-höhenden Flächen einzeln mit Erddeichen, und zwar gab man en letzteren wo möglich sogleich die ganze Höhe, die sie zur eabsichtigten Erhebung des Terrains brauchten, das heisst man machte sie etwa 2½ Fuss höher als der Boden werden sollte. Dieses würde indessen in den Fällen, wo der Boden noch sehr niedrig war, zu kostbar gewesen sein und die Deiche zu sehr der Gefahr eines Bruches ausgesetzt haben; alsdann legte man sie daher Anfangs niedriger an und erhöhte sie später. Sie erhielten eine Kronenbreite von 4⅔ Fuss und auf jeder Seite eine einfache Anlage oder Dossirungen, die unter 45 Graden geneigt waren. Die **Grösse der Bassins** bestimmte man nach der Breite der Flüsse, welche sie füllen sollten. Nimmt man die Breite der Flüsse zur Zeit der Anschwellung als Einheit an, so halten die Bassins 100 bis 300 Mal das Quadrat dieses Maasses, nämlich für

den Esse, dessen Breite 25½ Ruthen misst, das 150fache
- Foenna - - 31 - - - 300 -
- Salarco - - 18½ - - - 200 -

den Salcheto, dessen Breite 15 Ruthen misst, das 80
- Parce - - 18 - - - 100
Häufig legt man mehrere dieser Bassins hinter einand
lässt das Wasser aus dem einen in das andere treten,
feineren Stoffe, die es in jenem noch nicht abgesetzt h
diesem vollends niederzuschlagen. Wenn die Bassins a
herrschenden Winde sehr ausgesetzt sind, so muss man si
durch ähnliche Erddeiche in mehrere kleinere zertheilen
nicht etwa der Wellenschlag eine zu starke Bewegung i
ser hervorbringt.

Der Fluss wird in einem eingedeichten Canale, d
Kreuzen von Abzugsgräben immer über den letzteren bl
das Bassin geleitet; er füllt es zur Zeit der Anschwellu
bald an, und das Wasser würde über die Deiche ström
dieselben zerstören, wenn man nicht für einen bestimm
fluss gesorgt hätte. Ein solcher heisst Regulator u
durch eine Vertiefung im Deiche dargestellt. Damit indes
überstürzende Wasser auch hier den Deich nicht angre
erhält er zunächst eine dreifache Anlage und sodann dec
diese mit Faschinen aus, welche durch niedrige Flechtzäu
auf befestigt werden. Fig. 126 *a* und *b* zeigt diese An
im Grundrisse und im Querschnitte. Die Krone des Re
liegt etwa 2 Fuss unter der des Deiches, und wenn de
bereits die volle Höhe hat, 6 Zoll über derjenigen Hö
das Terrain erhalten soll. Die Länge des Regulators
Allgemeinen etwas geringer als die Breite des Flusses,

für den Esse . . . 18½ Ruthen
- - Foenna . . 31 -
- - Salarco . . 18½ -
- - Salcheto . . 12½ -
- - Parce . . 15½ -

Liegen mehrere Bassins hinter einander, so führt der R
das Wasser aus dem ersten in das zweite, und in diese
pflegt man ihn auch wohl zu theilen, damit eine leicht
gleichmässigere Füllung erfolgt; wenn er aber den Ausfl
dem letzten Bassin bildet, so kann man eine solche T
nicht vornehmen, ohne zwei verschiedene Abzugsgräben
stellen und in den Ufern zu unterhalten, was die Ko

hr vermehren würde. Demnächst wird auch in denjenigen Bassins, ren freie Lage einen starken Wellenschlag befürchten lässt, der asserstand dadurch etwas gesenkt, dass man den Regulatoren ne grössere Länge giebt, und die Bassins erweitert, doch werden ese, wie bereits erwähnt, durch Zwischendeiche in mehrere nterabtheilungen zerlegt.

Sobald das Hochwasser vorüber ist und das eingeschlossene asser während der nächsten 48 Stunden alle Stoffe, die es thielt, vollständig fallen gelassen hat, so muss dasselbe wieder tfernt werden, damit bei der nächsten Anschwellung der Strom ich mit einem um so stärkeren Gefälle hineinstürzen kann, dieses eschieht auch, damit eine Ansammlung von stehendem Wasser rmieden wird, und die Deiche keinem dauernden Angriffe ausgesetzt bleiben. Zu diesem Zwecke dienen kleine Archen von 2 Fuss Weite, welche durch Versatzbohlen geschlossen sind, die an eine nach der andern mittelst Winden aushebt. An jedem nzelnen Bassin befindet sich an einer passenden Stelle diese orrichtung und zwar mündet eine solche immer seitwärts und e in ein folgendes Bassin. Sie werden aber nur aus Holz und icht erbaut, wie es ihre vorübergehende Benutzung mit sich ringt, und sobald die Colmation an einer Stelle beendigt ist, so ird dieselbe Arche an einem andern Bassin aufgestellt.

Manetti theilt das Gefälle, die Dauer der Anschwellungen nd den Gehalt an erdigen Stoffen für die bereits erwähnten fünf üsse mit. Der Gehalt an Erde ist dabei in Procenten ausgedrückt, wobei das Volum den Maassstab abgiebt. Ueber die assermenge und die Anzahl der jährlichen Anschwellungen hlen die Angaben.

	Gefälle	Dauer der Anschwellung	Gehalt an Erde.
Esse	$\frac{1}{2010}$	3 Tage	3 Procent
Foenna	$\frac{1}{1707}$	3 „	5 „
Salarco	$\frac{1}{596}$	1 „	9 „
Salcheto	$\frac{1}{604}$	1 „	5 „
Parce	$\frac{1}{494}$	2 „	3 „

Auch in dem Grossherzogthume Toscana ist ein ähnliches nternehmen mit gleich günstigem Erfolge zur Ausführung ge-

kommen, nämlich die Trockenlegung der Maremmen in der Umgegend von Grosseto. Der Fluss Ombrone, der in der Nähe des Chiana-Thales entspringt und auf kürzerem Wege das Meer gewinnt, scheint durch das viele Material, welches er herabführt und in der untern Strecke seines Laufes ablagert, die Veranlassung zur Entstehung des Sumpfes gegeben zu haben. Indem seine Mündung immer weiter vorrückte und er sich dabei südwärts wandte, so blieb im Norden eine Niederung offen, die weder selbst gehörig aufwachsen konnte, noch auch zur Entwässerung hinreichendes Gefälle behielt. Die kleinen Flüsse, welche sich in sie ergiessen, führen nur reines Wasser und sind daher zu Colmationen nicht brauchbar, dagegen liefert der Ombrone hierzu reichlich das erforderliche Material. Fossombroni schätzte seinen Gehalt an erdigen Stoffen sogar auf 20 Procent. Oberhalb und unterhalb Grosseto wurden Gräben eröffnet und durch diese das trübe Wasser dem Sumpfe zugeführt, wodurch in den Jahren 1833 bis 1838 schon die Hälfte der früher ganz uncultivirten Fläche oder ungefähr $\frac{1}{2}$ Quadratmeile für den Ackerbau gewonnen war. Man scheint hierbei die beim Chiana-Thale befolgte Methode insofern abgeändert zu haben, dass man nicht kleinere Colmationsbassins darstellte, sondern durch Sperrung der tiefen Wasserrinnen und durch Zäunungen die Strömung zu mässigen suchte und so den Niederschlag beförderte. Es musste indessen noch das Eintreten des Meeres in die Entwässerungsgräben verhindert werden, weshalb an der Mündung des Hauptentwässerungscanales bei Castiglione ein grosses Siel mit drei Paar Stemmthoren erbaut wurde, das bei niedrigem Stande der See das Wasser abführt, ohne das Eindringen des Hochwassers von aussen zu gestatten. *)

§. 30.

Sickergräben.

Bei thonigem Boden bietet die Beseitigung des Wassers häufig noch insofern grosse Schwierigkeiten, als dasselbe, wenn es ein-

*) In dem grossen Werke: *Memorie sul bonificamento delle Maremme Toscane. Firenze* 1838, findet man mehrere Charten der Umgegend und manche interessante Abbildungen von einzelnen Anlagen, die beigefügte Beschreibung ist indessen mehr in statistischer,

ngen ist, nur sehr langsam sich davon wieder ausscheidet. Abzugsgräben zeigen sich dabei von wenig Nutzen, weil eils von der schlammigen Masse leicht angefüllt werden, aber ihre Wirksamkeit sich allein auf die nächsten Umgen erstreckt. Sie müssten, wenn sie von einigem Erfolge ollten, sehr nahe liegen, und hierdurch würde ein grosser der zu entwässernden Fläche der Cultur entzogen werden. Das welches man unter diesen Umständen wählt, ist die Anlage ickergräben *(Drains)*, d. h. man bildet in solcher Tiefe, lie jedesmalige Benutzungsart der Fläche dadurch nicht gewird, ein Netz von kleinen Canälen, in die sich die feinen radern hineinziehen, und darin entweder unmittelbar nach natürlichen Senkung im Boden, oder nach einem offenen Graben geführt werden. Indem diese Sickergräben, wenn en Zweck erfüllen sollen, nahe neben einander liegen müssen, ihre Gesammtlänge sehr bedeutend und ihre Ausführung ostbar, wenn man auch immer bemüht ist, sie möglichst und wohlfeil darzustellen.

n England sind Sickergräben schon seit Jahrhunderten andt worden, indem der schwere undurchdringliche Thonboden len Fällen allein durch sie culturfähig gemacht werden . Ihr grosser Nutzen stellte sich auch sehr augenfällig , doch hat man diesen erst in der neuesten Zeit vollständig ligt. In den letzten zehn Jahren haben sie in übernder Weise sich ausgebreitet, und zwar sind sie nicht nur gland und Schottland allgemein üblich geworden, sondern auch auf dem Continente vielfach Eingang gefunden. Das sse der Landwirthe wird gegenwärtig dermassen für Anlagen Art angeregt, dass man wohl zweifeln darf, ob die erwarvortheilhaften Wirkungen sämmtlich eintreten werden, zumal en nicht immer mit den Gesetzen der Physik in Einklang Nichts desto weniger beschränkt sich der Nutzen der gräben keineswegs auf die Beseitigung des der Cultur hinen Wassers, sondern sie tragen auch besonders im Früh-

---

hydrotechnischer Beziehung von Wichtigkeit. Demnächst hanierüber noch ein Aufsatz in Förster's Allgemeiner Bauzeitung, ng 1838, S. 165 ff.

jahre zur Erwärmung des Bodens bei, und befördern dad wesentlich die Vegetation: endlich aber erhalten sie auch den B in einem mehr lockern Zustande, wodurch das Eindringen ge Wassermassen möglich wird, die sonst unbenutzt verd würden.

Ein strenger Thonboden, der etwa 6 Fuss mächtig ist in noch grösserer Tiefe von keiner wasserleitenden Schicht brochen wird, kann das darauf fallende Regenwasser nur offenen Abfluss oder durch Verdunstung verlieren. Dasselb ihn aber beim Schmelzen des Schnees oder bei anhaltendem stark durchweichen, und seine Oberfläche in Schlamm verw Ist dieser Zustand, wie oft geschieht, schon im Herbste eing so gefriert die obere Schicht während des Winters zu ein pacten Eismasse, wobei theils die jungen Saaten zerstört theils auch die Bearbeitung des Bodens wegen des lan Aufthauens und wegen der grossen Nässe sehr verzöge Ein warmer Regen trägt aber wenig zur Erwärmung eines Bodens bei, indem das kältere Wasser, welches ihn füllt, sp schwerer ist, als das frische Regenwasser. Dieses bleibt auf der Oberfläche. Die zunehmende Wärme dringt freili und nach in den Boden ein, und derselbe trocknet endli so weit aus, dass die Saat anwachsen kann, bei der Durchnässung haben sich indessen die feinen Thontheilch schliessend aneinander gelagert, und bilden eine compac schicht, die, wenn sie auch bei zunehmender Dürre aufrei in grosse Klumpen zerbricht, doch keineswegs die dem P wuchse förderliche lockere Beschaffenheit annimmt. Dass folgt auch, wenn der Acker im Frühjahre umgepflügt w später von einem starken Regen getroffen wurde.

Die feste Beschaffenheit der obern Schicht verhindert i des Sommers das Eindringen der Flüssigkeit. Ein sc Regen benetzt nur die Oberfläche, und verdunstet wieder einige Linien tief sich eingezogen hat: grössere Wasse fliessen dagegen frei ab, und in beiden Fällen wird die F keit durch Verdunstung bald wieder beseitigt. Noch wenig der Thau auf solchen Boden irgend eine vortheilhafte äussern.

In grösserer Tiefe erhält sich freilich das langsam

drungene Wasser, dasselbe senkt sich aber nach und nach so tief, dass es den Saaten nicht mehr nutzbar ist: überdiess soll dasselbe, wenn es auch nicht gerade in nachtheiliger Weise verunreinigt ist, doch dem Pflanzenwuchse weniger zuträglich sein, weil es stagnirt und sich nicht erneut. Ausserdem ist die compacte Beschaffenheit des Bodens den Pflanzen schädlich, und dieses erklärt sich, ohne dass man im lockern Boden einen Wechsel der Luft oder ein kräftiges Aufsteigen der Flüssigkeit durch Verdunsten und Niederschlagen, oder durch Capillar-Attraction voraussetzen muss, wie oft geschieht.

Weit günstiger gestalten sich alle Verhältnisse, sobald man durch Einführung des in Rede stehenden Systems das Eindringen des Wassers in den Boden befördert. Das Grundwasser wird dadurch einige Fuss tief unter die Oberfläche gesenkt, und die vollständige Anfüllung mit Wasser schon während des Herbstes verhindert. Der Frost wirkt daher weniger nachtheilig, und das wärmere Wasser des ersten Regens theilt dem Boden sogleich die höhere Temperatur mit. Indem aber überall das Wasser eindringt, so lösen die feinen Erdtheilchen sich nicht von ihren Umgebungen, werden auch nicht fortgespült: der Boden behält daher die lockere Oberfläche, die ihn später zur Aufnahme der Feuchtigkeit geschickt macht. Der Regen, der ihn trifft, fliesst nicht mehr über die feste Oberfläche ab, indem er sie nur benetzt, sondern dringt sogleich in sie ein. Indem das Wasser aber weder sich ansammelt, noch eine stärkere Strömung bildet, so wird die aufgebrachte Düngung viel wirksamer, und ihre fruchtbarsten Theile werden nicht mehr wie früher ausgespült und dem Acker entzogen.

Auf ähnlichen Rücksichten beruht die Einrichtung der gewöhnlichen Blumentöpfe. Dieselben bestehn keineswegs aus wasserdichten Gefässen, vielmehr sind sie in den Böden mit Oeffnungen versehn, durch welche das Wasser abfliesst, auch ist es allgemein bekannt, dass die Pflanzen besser gedeihn, wenn die Töpfe nur aus Thon gebrannt, als wenn sie glasirt sind, oder aus Porcellan bestehn. Die Ausdrocknung würde bei Anwendung wasserdichter Gefässe ohnfehlbar wesentlich erschwert werden, was in anderer Beziehung gewiss vortheilhaft wäre, dagegen erkranken die Pflanzen in diesem Falle, auch wird die Oberfläche bald so fest, dass das Wasser nur langsam eindringt.

Aus diesen Gründen ist die Einrichtung der Sickergräben nicht nur bei Feldern vortheilhaft, die nahe horizontal liegen und aus festem Thonboden bestehn, vielmehr sind sie auch auf geneigten Ackerflächen und in leichtem Boden sehr nützlich. Nach vielfachen Erfahrungen wird durch sie der Ertrag der Erndten durchschnittlich um die Hälfte vermehrt, häufig aber sogar auf das Doppelte gebracht. Dazu kommt, dass sie vielfach den Anbau besserer Getreidearten, als vorher gezogen wurden, möglich machen; dass ferner das Bearbeiten der Aecker wegen der lockeren Beschaffenheit des Bodens wesentlich erleichtert wird, dass man einen beträchtlichen Theil des sonst erforderlichen Düngers erspart, und dass endlich im Frühjahre nicht das Abtrocknen des Ackers abgewartet werden darf, man vielmehr beim Eintritt des Frühjahrs sogleich mit dem Pflügen beginnen kann.

Diese Vortheile sind so wesentlich, dass die allgemeine Verbreitung dieses Systems, seiner Kostbarkeit ohnerachtet nicht mehr befremden wird: es giebt Beispiele dafür, dass der Mehrertrag der beiden nächsten Erndten schon die Anlagekosten vollständig gedeckt hat, und wiewohl man annimmt, dass die regelmässige Durchsickerung sich erst nach dem Verlaufe eines Jahres einzustellen pflegt, oder dass sogar zwei Winter nöthig sind, um die feinen Adern im Grunde zu eröffnen, so ist es in England doch oft vorgekommen, dass Pächter, die einige Jahre hindurch auf den Nutzen solcher Anlagen mit Sicherheit rechnen konnten, dieselben aus eignen Mitteln ausführten, und dadurch die Besitzungen wesentlich verbesserten. Grossentheils gehen aber diese Unternehmungen von den Gutsbesitzern aus, und in Anerkennung ihrer grossen Wichtigkeit für den nationalen Wohlstand bewilligte das Englische Parlament im Jahre 1847 die Summe von über 50 Millionen Thalern, um durch Anlage von Sickergräben den Ertrag des Getreidebaues zu erhöhen. Jeder Grundbesitzer, der seine Felder in dieser Weise verbessern will, erhält dazu unter sehr günstigen Bedingungen einen angemessenen Vorschuss.

Man hat vielfach bemerkt, dass Sickergräben auch ohne durch Quellen gespeist zu werden, selbst in der grössten Dürre nicht ganz versiegen, sondern fortwährend etwas Wasser abführen. Es ergiebt sich hieraus, dass die darüber liegenden Erdschichten nie vollständig austrocknen, und das Wasser darin stets in einiger

ewegung bleibt. Dieses ausfliessende Wasser hat aber ähnlich
en Quellen eine ziemlich gleichmässige Temperatur, und directe
eobachtungen haben ergeben, dass im Frühjahre die Boden-
mperatur in der Tiefe von 1 Fuss in den mit Sickergräben
rsehenen Feldern um 5 Grade Celsius wärmer war, als in
dern Feldern, wo diese fehlten.

Wie wesentlich nützlich diese Anlagen auch für den Ge-
idebau sind, so bieten sie in der Baumcultur keinen Vortheil,
l die Wurzeln der Bäume in grössere Tiefe reichen. Dazu
mmt auch noch, dass diese Wurzeln, wie bereits bei Gelegen-
t der Röhrenleitungen bemerkt worden, sich nach den Canälen
ziehn, und sich darin so ausbreiten, dass sie dieselben ver-
fen. Besonders thun dieses die Esche, die Weide und die
tanie. Man muss deshalb bei Ausführung von Sickergräben
onders diesen Bäumen ausweichen, und ihre Anpflanzung in
Nähe vermeiden.

In früherer Zeit, als man die Sickergräben noch sehr
ollkommen darstellte, versagten sie leicht ihren Dienst, und
n musste sich darauf gefasst machen, häufige Reparaturen
an vorzunehmen. Aus diesem Grunde vermied man es, sie
grosser Tiefe anzubringen, und versenkte sie nur soweit,
s sie weder von der Pflugschaar berührt, noch auch durch
rde und Ochsen in feuchter Witterung ihre Decke beschädigt
den konnte. Hierzu schien eine Tiefe von 2½ Fuss unter
Oberfläche genügend. Eine Folge hiervon war, dass ihre
rkung sich auf die nächsten Umgebungen beschränkte, und
n war daher gezwungen, sie in Entfernungen von 2 bis
uthen, zuweilen sogar nur von 18 Fuss auszuführen. Ausser-
n durfte man ihnen auch kein starkes Gefälle geben, weil
e heftige Strömung sie leicht zerstört haben würde. Wenn
er der Boden eine merkliche Neigung hatte, so zog man sie
ht in der Richtung, in welcher derselbe abfiel, sondern schräge
gegen, wobei man noch den Vortheil zu erreichen hoffte, dass
um so sicherer alle Wasseradern treffen und aufnehmen wür-
. Endlich veranlasste auch die Sicherung ihrer Mündungen
nche Schwierigkeiten, indem sie einzeln im niedrigeren Wiesen-
nde am Fusse des Ackers austraten. Der besonders üppige
swuchs, den sie hier unterhielten, war Ursache, dass das

Vieh sich vorzugsweise daselbst aufhielt, und die Gräben zerstörte, auch trieben die Sträucher und Bäume in der Nähe ihre Wurzeln hinein und verstopften sie. Man sah sich daher meist gezwungen, sie unter hohen Steinschüttungen austreten zu lassen.

Bei ihrer Ausführung wählte man früher solche Methoden, dass nicht sowohl freie Canäle, als vielmehr sehr poröse Füllungen gebildet wurden; man versah den undurchdringlichen Boden mit einzelnen Streifen wasserleitender Schichten und ahmte dabei oft der Natur nach, indem man Kies- und Steinschüttungen wählte. Da jedoch beim Ueberdecken mit Erde und beim Feststampfen derselben ein Theil der Zwischenräume zwischen den Steinen schon verschüttet wurde, so musste man die Sickergräben ungefähr einen Fuss weit und hoch machen. Man füllte sie zuweilen auch mit Strauch an, welches in derselben Art beschüttet wurde. Interessant ist die Thatsache, die Arthur Young erzählt, dass in der Grafschaft Sussex beim Ausgraben einer alten Eichenwurzel, die zu einem 200jährigen Baume gehörte, unter derselben ein solcher Sickergraben angetroffen wurde, der mit Ellernstrauch gefüllt war. Dieses Strauch hatte sich seiner Form nach so gut erhalten, dass man es deutlich erkannte, sogar einzelne Blätter fanden sich noch darin vor, sobald es aber herausgenommen und trocken wurde, zerfiel es in Staub. Andere Beobachtungen haben gezeigt, dass die Reiser nur etwa während der ersten 1½ Jahre so viel Festigkeit behalten, dass sie dem Erddrucke einigermaassen Widerstand leisten, später sind sie gänzlich verrottet, aber alsdann muss die Erddecke darüber sich schon so fest zusammengezogen haben, dass sie sich von selbst hält und jener Unterstützung nicht mehr bedarf. Statt das Strauch lose in den Graben zu legen, hat man es auch in Seile zusammengeflochten, wodurch die Ausfüllung regelmässiger wurde, und endlich hat man, wo das Strauch zu theuer ist, es selbst durch Stroh ersetzt, das man auf besonderen Maschinen, ähnlich denen, welche in Seilspinnereien gebraucht werden, zu Seilen von der Dicke eines Armes zusammendrehte. Hierbei trat für den Landwirth noch der Vortheil ein, dass dieses Stroh sich besser spinnen liess, wenn es vorher als Streu benutzt war.

Das Verfahren bei der Anlage solcher Sickergräben besteht

man die Gräben in der nöthigen Tiefe mit etwa
lenbreite und mit möglichst steilen Dossirungen aus-
dienen hierzu besonders lange und passend geformte
Hacken, und oft wird durch Pflügen vorher die
ckererde seitwärts geworfen und dadurch ein Theil
arbeit erspart. Auf die Sohle dieser Gräben legt
ohseile, und sorgt dafür, dass in den Stössen die
gehörig überdecken; alsdann füllt man die passende
ber und stampft dieselbe gehörig an. Die Erfahrung
dass solche Sickergräben etwa ein halbes Jahrhun-
h ihren Zweck erfüllen. Wenn man die oben er-
üllung mit Steinen anbringt, so müssen die Steine
einige Zolle im Durchmesser halten, auch von der
n Erde vor dem Gebrauche gehörig gereinigt werden.
t aber die Füllerde nicht unmittelbar darauf, sondern
zunächst mit einer Lage Strauch, Binsen, Stroh,
ehrten Rasen.

it sich schon lange davon überzeugt, dass die Sicker-
sicherer wirken, wenn sie freie Canäle bilden, als
it Strauch, Steinen u. dergl. angefüllt sind. Ihre
ist in diesem Falle sehr verschieden, und zunächst
fahren beschrieben werden, wobei gar kein fremdes
nutzt wird. Man lässt ein Stück Holz von 10 bis
nge regelmässig abrunden und etwas conisch be-
dass es an der hintern Seite 5 Zoll und an der
Zoll im Durchmesser hält. In das stärkere Ende
ken eingeschlagen und daran eine Leine befestigt,
es weiter ziehn kann. Man legt es auf die Sohle
und bestreut es zunächst mit Sand, damit der feste
zu stark daran haftet; alsdann bringt man eine
steifen Thon auf, der den Sand festhält und zu-
innere Fläche des künstlichen Erdgewölbes bildet.
iese Lage gehörig an und dasselbe geschieht mit
nen Schichten der folgenden Aufschüttung, so dass
nmittelbar diejenige feste Decke darstellt, die sich
n Verlaufe eines Jahres bilden würde. Endlich zieht
ück Holz etwa 2 Fuss weit vor und setzt die Arbeit
Art weiter fort, indem man, um einen bessern Ver-

band hervorzubringen, die Ausfüllung nicht auf einmal in der ganzen Höhe vornimmt, sondern sie über der ganzen Länge des Holzkernes allmälig ansteigen lässt.

Sehr einfach ist auch das Verfahren, das man in Lancashire anwendet, wobei nämlich der Graben einige Zolle über seiner Sohle mit schmalen Banketen versehn wird, auf welche man Torfstücke von 9 Zoll Höhe legt, welche sonach die Decke des Canales bilden. Statt des Torfes wendet man in gleicher Weise auch flache Steine an, wie Fig. 127 zeigt. Um jedoch einer Verschüttung des Canales durch die Fugen zwischen den Steinen vorzubeugen, muss darüber noch eine grobe Kiesschüttung oder eine Strohlage angebracht werden, die man oft noch mit Rasen bedeckt.

Vortheilhafter ist es, wenn man statt der natürlichen flachen Steine, Ziegel oder andere besonders zu diesem Zwecke gebrannte Steine benutzt, man kann alsdann auch leicht die Seitenwände des Canales mit solchen einfassen.

Eine andere Anwendungsart der Steine zeigt Fig. 128 und 129, wobei gleichfalls die Kiesschüttung und deren Ueberdeckung erforderlich ist, um das Hineinfallen der Erde zu verhindern.

Bei Anwendung des Strauches zur Darstellung freier Canäle ist die Figur 130 dargestellte Methode besonders häufig benutzt worden. Man schneidet nämlich kleine Stäbchen von etwa 15 Zoll Länge und lehnt dieselben abwechselnd an die eine und die andre Wand des Grabens, so dass sie sich in der Mitte kreuzen und unmittelbar berühren. Alsdann füllt man den obern prismatischen Raum mit Strauch, worüber Stroh gelegt wird, damit die aufgeschüttete Erde nicht hindurchfalle. Das untere dreiseitige Prisma bildet den eigentlichen Sickercanal. *)

In neuester Zeit ist man von den beschriebenen Constructionen abgegangen, und hat dafür eine andre gewählt, die in Bezug auf Dauer und Sicherheit des Erfolges unbedingt den Vorzug verdient. Jene Sickergräben, die mit vegetabilischen Stoffen überdeckt werden, bleiben nämlich nur so lange dem Drucke der darauf lastenden Erde entzogen, als diese Stoffe

*) J. Johnstone's Abhandlung über die Austrocknung der Sümpfe. Uebersetzt von v. Podewils. Berlin 1799.

Festigkeit behalten. Sobald sie aber faulen und verrotten, ann die Erde sich nur noch durch ihren innern Zusammen- schwebend erhalten. Es ist nicht in Abrede zu stellen, das hindurchdringende Wasser, besonders bei strengem boden, eine solche innige Verbindung befördern muss. is desto weniger kann es doch leicht geschehn, dass ein- e Klumpen sich lösen, und entweder nach dem Verrotten Strauches herabstürzen, oder schon früher in kleineren Mas- durch die Zwischenräume des Strauches und der Steine gen, und den Canal verstopfen. Letzterer ist nicht geeig- durch die Strömung sich selbst zu reinigen, weil seine Sohle ist, und sonach das darin fliessende Wasser sich stark eitet. Man bemerkt demnach häufig auf den in solcher behandelten Feldern einzelne Stellen, die nicht austrocknen, man muss alsdann daselbst die Canäle aufgraben und in l setzen. Diese oft wiederkehrenden Reparaturen sind nicht kostbar, sondern auch für die Culturen höchst lästig und theilig.

Indem man eine dauerhaftere Construction der Sickercanäle t, so fällt auch der Grund fort, sie möglichst hoch zu halten. grösserer Tiefe entzieht man sie aber nicht nur manchen hädigungen, sondern man senkt auch das Grundwasser, und n die Wirksamkeit eines Sickergrabens sich zu beiden Sei- m so weiter erstreckt, je tiefer er liegt; so erreicht man den wesentlichen Vortheil, dass die Anzahl der Gräben vermindert, und sonach die ganze Anlage, der grösseren unerachtet, wohlfeiler wird. Auch eine kräftige Strömung bei der festeren Construction unschädlich, und man darf Canäle in die Richtung der Abdachung des Bodens legen, rch ihre Wirksamkeit sich gleichfalls verstärkt. Anlagen r Art werden gegenwärtig aber auch methodischer ausge- , als früher. *)

) Vorzugsweise ist dieser Gegenstand in dem Werke, *the Book e Farm by Henry Stephens* behandelt, und unter den verschie- n Uebersetzungen desselben ist besonders die 1850 in Brüssel ienene Bearbeitung von Leclerc wichtig, die den Titel führt: *uel pratique de Drainage.*

Was die Construction betrifft, so bildete die Fig. 131 dargestellte Anordnung den Uebergang zur neuern Methode. Eine Schicht flacher gebrannter Steine, also Dachziegel oder Fliesen stellt die Sohle des Canales dar, und zur Begrenzung an den Seiten, so wie zur Ueberdeckung dient eine Reihe von Hohl- oder Forstziegeln. Bei der grossen Anzahl der erforderlichen Steine gab man ihnen bald etwas passendere Formen, indem die Bodensteine mit einer flachen Rinne versehn, und die Decksteine in halbe Cylinder verwandelt wurden. Demnächst ersetzte man die ersteren durch die letzten, und bildete Canäle von kreisförmigem Querschnitt, indem man die halbcylindrischen Rinnen verkehrt übereinander legte. Die horizontalen Fugen waren indessen sehr störend, weil theils leicht Sand und Erde durch sie eindrang, theils auch die obern Steine auf den schmalen Seitenwänden der untern nicht fest und sicher auflagen, und wenn sie sich beim Beschütten mit Erde verschoben und herabfielen, so sperrten sie sogleich einen grossen Theil der Oeffnung. Hiernach ging man endlich dazu über, ganze Cylinder zu formen und zu brennen. Solche werden jetzt ganz allgemein benutzt, und indem bei ihnen, vergleichungsweise gegen andre Einfassungen, Beschädigungen weit weniger eintreten können, auch die Beschränkung der Sohlenbreite auf dem rinnenförmig vertieften Boden eine kräftige Spülung veranlasst, so darf man erwarten, dass auch spätere Erfahrungen für ihre Zweckmässigkeit sprechen werden.

Die einzelnen Röhrenstücke werden meist ohne weitere Verbindung nur stumpf an einander gelegt. Dabei kann es leicht geschehn, dass der Sand durch die Stossfuge dringt, und noch grösser ist die Gefahr, dass die kurzen Röhren beim Verlegen und Beschütten mit Erde etwas seitwärts rollen, so dass ihre Oeffnungen nicht mehr genau auf einander treffen, und der Querschnitt der Leitung dadurch stellenweise sehr beengt wird. Um dieses Rollen der Röhren zu vermeiden, hat man zuweilen versucht, sie mit einem breiten Fusse zu versehn, oder auch einen elliptischen Querschnitt ihnen zu geben. Beides kommt nur selten vor, dagegen benutzt man häufig weitere Ringe oder Muffen zur Ueberdeckung der Fugen, ähnlich denen, die auch bei eisernen Leitungsröhren vorkommen (Fig. 100 auf Taf. IX). E

um erwähnt werden, dass diese Muffen, obwohl sie gleich-
ur aus gebranntem Thon bestehn, doch die Kosten der
bedeutend vermehren. Man beschränkt deshalb ihren
ch auf solche Stellen, wo sich feiner, sehr beweglicher
vorfindet. In allen andern Fällen pflegt man die Röhren
umpf neben einander zu legen, während meist die Stoss-
mit Heidekraut überdeckt, und jedesmal die Röhren so-
mit einer dünnen Lage recht fetten Thones überschüttet
, um das erwähnte Rollen zu verhindern.
idem die Röhren nur 1 bis 2 Zoll weit sind, so bedarf
aben, in den man sie legt, keiner bedeutenden Breite,
uss diese hinreichend gross sein, dass ein Arbeiter darin
tehn und gehn kann. Letzteres geschieht freilich nur
nbequem, indem er den einen Fuss immer voranstellt und
dern nachzieht. Die Grabensohle wird zu diesem Zweck
breit gemacht, und da sie mindestens 4 Fuss tief liegt,
das Verlegen der Röhren sehr lästig, besonders da man
tenwände möglichst steil halten muss, um die Erdarbeiten
zu weit auszudehnen. Der Graben wird, nachdem seine
ng und Breite abgesteckt ist, mit Spaten ausgestochen,
war sind diese von verschiedener Breite und Form, um
verschiedenen Tiefen die Arbeit möglichst zu erleichtern.
edient sich auch mit Vortheil gewisser Pflüge, die indessen
n Auflockern, nicht aber zum Ausheben des Bodens dienen.
achdem der Graben an einer Stelle die volle Tiefe erhal-
t, auch gehörig geebnet ist, so werden die Röhren darin
h verlegt. Der Arbeiter, der dieses thut, steht gemein-
Graben, doch kann man die Röhren, wenn sie auf einen
den Hacken gesteckt sind, auch von oben verlegen, ob-
lieses weniger sicher ist, weil die Röhren nicht nur auf
er treffen, sondern auch mit dem bestimmten gleichmässi-
fälle verlegt werden müssen. Gemeinhin zieht man 2 bis
renstücke (deren Länge 12 bis 14 Zoll beträgt) auf einen
Stab, und verlegt sie so, dass dieser Stab noch in die
früher verlegte Röhre greift. Mit der Setzwage wird
n die Neigung untersucht, und die Grabensohle, soweit
hig ist, vertieft oder erhöht. Wenn die Röhren passend
, so drückt man sie fest an, überdeckt jeden Stoss mit

einer Handvoll Heidekraut und bringt eine dünne Lage feinen und recht zähen Thon auf, die sogleich angetreten wird, um ein ferneres Verschieben der Röhren zu verhindern. Alsdann zieht man den Stab heraus, und beginnt die Verfüllung des Grabens. Auf diese Art wird der Graben keineswegs in grösserer Länge auf einmal eröffnet, wodurch seine Wände stärker austrocknen und nachstürzen würden, vielmehr pflegt man die Erdarbeit so anzuordnen, dass er nur da, wo gerade die Röhren verlegt werden, die volle Tiefe hat, und er davor ausgegraben und dahinter schon wieder verschüttet wird. Man pflegt aber die obere lockere Erdschicht zum ersten Ueberdecken der Röhren zu verwenden, um das Durchsickern des Wassers zu erleichtern, die compacten Schichten, die ursprünglich in der grösseren Tiefe lagen, werden dagegen in den obern Theil des Grabens gebracht. Die einzelnen Lagen stampft man in der Höhe von wenig Zollen etwas an, um ein späteres starkes Setzen zu vermeiden. Nachdem der Acker bearbeitet worden, nimmt die Oberfläche ein so gleichmässiges Ansehn an, dass man die Richtung der Sickercanäle nicht mehr erkennen kann.

Was die Anordnung dieses Entwässerungs-Systemes betrifft, so pflegt man im Allgemeinen anzunehmen, dass die Canäle bei hinreichendem Gefälle so viel Fuss von einander entfernt sein dürfen, als ihre Tiefe unter der Oberfläche Zolle misst. Diese Regel gilt indessen mehr für leichten, als für strengen Boden, und je fester dieser ist, um so näher müssen sie sein. Leclerc sagt, er habe bei Besichtigung dieser Anlagen in England gefunden, dass 4 Fuss tiefe Sickergräben bei verschiedenen Bodenarten in folgende Entfernungen gelegt werden:

in strengem Boden	22	bis 32	Fuss
wenn der Untergrund aus Kreide besteht .	25	- 35	-
in Torf	35	- 45	-
in leichtem Thonboden	32	- 48	-
in sandigem Boden	48	- 64	-

Man giebt den Sickercanälen das stärkste Gefälle, welches die Beschaffenheit des Terrains gestattet, und betrachtet 1 : 500 oder auch wohl schon 1 : 400 als das schwächste, noch zulässige Gefälle. Ist die Fläche so eben, dass man selbst bei Verfolgung des stärksten Abhanges dieses Gefälle nicht darstellen

wählt man eine Anordnung, die dem Rückenbau für
lungen ähnlich ist (§. 31). Man legt nämlich einen
ren Sickercanal in grösserer Tiefe mitten durch das
wegen der bedeutenden Oeffnung von 4 bis 6 Zoll
ser nur eines sehr geringen Gefälles bedarf, und lässt
die kleinern Sickercanäle mit gehörigem Gefälle und
ssenen Entfernungen von beiden Seiten eintreten.
wenn das Terrain es gestattet, jeden einzelnen Sicker-
i austreten zu lassen, so zieht man es vor, dieselben
emeinschaftliche weitere Röhre zu führen, und zwar
dieses in der Art, dass die kleinern Röhren einige
er liegen, und durch die Decke in die weitere mün-
finden also einen freien Abfluss, wenn letztere auch
lt ist. Die Verbindung bedarf keiner besondern Festig-
wählt dazu entweder Röhren, die vor dem Trocknen
n waren, oder man benutzt auch kleine hölzerne Zwi-
en, die freilich von Zeit zu Zeit erneut werden müssen.
Röhrenstücke, welche unmittelbar in den Wiesen-
der in einen offenen Graben austreten, müssen wenig-
uss lang sein, damit die nächste Stossfuge in feste
t. Man pflegt in denselben noch ein Drahtnetz anzu-
um das Eintreten der Mäuse und Ratten zu verhindern,
rin stecken bleiben, und dadurch zu Sperrungen der
eranlassung geben.
nigen Röhren, welche unmittelbar das Wasser aus
r auffangen, sind genügend weit, wenn ihre Oeffnung
Durchmesser hält, doch erweitert man sie meist auf
1½ Zoll, damit die unvermeidlichen Unregelmässigkeiten
egen nicht sogleich eine starke Verengung veranlassen.
e Länge beträgt meist etwa 1000 Fuss und bei star-
lle nicht selten sogar 2000 Fuss. Bei grösserer Aus-
ist es aber vortheilhaft, sie in etwas weitere Röhren
zu lassen, damit die ganze Wassermasse sicher ge-
l.
edarf kaum der Erwähnung, dass der Ausführung einer
nlage eine sorgfältige Untersuchung der Höhenlage und
nheit des Bodens, und die Bearbeitung eines vollstän-
nes vorangehn muss. Zunächst ist zu prüfen, ob man

das einfache System der parallelen Röhren wählen darf ob es nöthig ist, grössere Abzugscanäle, in welche jen münden, dazwischen zu legen. Für jene, wie für dies die Richtung und Höhenlage vollständig ermittelt werden die erforderlichen Gefälle überall vorhanden sind, und di Anlage in kräftige Wirksamkeit treten kann.

Ueber die Anfertigung der Röhren ist noch merken, dass man eigne Maschinen dazu benutzt, die au gestellt sind, um sie an alle Stellen bringen zu können, brauchbarer Thon sich vorfindet. Der Thon wird ge schon früher ausgestochen, damit er einen Winter l dem Einflusse der Witterung und des Frostes ausgesetz Ausserdem wird er, wie auch auf den besseren Ziegeleie ist, durch Messer, die an eine verticale Axe befestigt s einem eisernen Cylinder durchschnitten. Bei einzelnen nen wird der Thon sogar, um selbst die kleineren S sicher zu beseitigen, durch einen siebartig durchlochte nen Boden unter dem starken Drucke eines Kolbens getrieben.

Das Formen geschieht wieder unter dem Drucke ei ken Kolbens, der in den mit Thon gefüllten Cylinder wird, und zwar sind oft zwei dergleichen Cylinder vo damit beim Einbringen des Thones keine Unterbrech Arbeit eintritt. Durch Oeffnungen in stählernen Scheib der geformte Thon entweder vertical abwärts, oder, w bequemer ist, horizontal heraus, und zwar wird er i Falle von Rollen aufgefangen, über denen er durch l passende Längen, meist von 12 bis 14 Zoll zerschnit Grossentheils tritt aus den Maschinen nur ein bandförmig streifen aus, den man, nachdem er abgeschnitten ist, hölzernen Cylinder windet, und durch Hin- und Herr einem Tische in eine Röhre verwandelt. Andre Maschin aber unmittelbar die cylindrischen Röhren dar, indem kreisförmigen Oeffnung der Stahlplatte eine kreisförmig schwebt, die an der innern Seite durch übergreifende S halten wird. Die Thonmasse trennt sich freilich vor de aber hinter denselben, und noch ehe sie den kleinst schnitt der Oeffnung erreicht, verbindet sie sich wieder,

sie eine Röhre ohne Längenfuge darstellt. Eine Maschine, zu deren Bewegung zwei Mann erforderlich sind, liefert an einem Tage 2500 bis 3000 Stück Röhren.

Die geformten Röhren werden zum Trocknen senkrecht aufgestellt, und nachdem sie etwas steif geworden sind, so schiebt man jede einzelne nochmals auf einen hölzernen Cylinder, um ihr die regelmässige Form wieder zu geben. Das Brennen geschieht meist in Feldziegeleien. Wenn man gleichzeitig Röhren von verschiedenen Weiten brennt, so stellt man die engeren in die weiteren. Sämmtliche Röhren werden aber aufrecht in den Ofen gestellt.

Endlich wäre noch zu bemerken, dass die Ausführung von Sickercanälen der beschriebenen Art mit allen Nebenausgaben zwischen 5 und 10 Thlr. für jeden Magdeburger Morgen kostet.*)

Die Anwendung der Sickergräben beschränkt sich keineswegs auf landwirthschaftliche Zwecke, sondern dieselben sind auch in andern Fällen mit vielem Nutzen zur Ausführung gebracht. Namentlich gehört dahin die Trockenlegung der Chausseen. Beispiele davon findet man vorzugsweise in England, wiewohl sie auch in Deutschland nicht ganz unbekannt sind. Bei uns vermeidet man es jedoch sehr sorgfältig, die Strassen in tiefe Durchstiche zu legen, weil die Quellen aus den unmittelbar daneben befindlichen Anhöhen leicht in das Planum treten und alsdann Veranlassung geben, dass die Steine der Packlage in dem weichen Grunde versinken und der Schlamm heraufdringt. Doch auch das Regenwasser, welches auf die Strasse fällt, kann bei einem strengen Untergrunde schon denselben Erfolg herbeiführen, und jedenfalls muss man dafür sorgen, dass das Wasser, welches sich über der Sohle des Steinbettes sammelt, in geringen Entfernungen immer Gelegenheit findet, unter den Banketen nach den Seitengräben zu entweichen. In England werden deshalb an allen Stellen, wo der Untergrund nicht ein schnelles Einziehn des Wassers mit Sicherheit erwarten lässt, Sickercanäle angelegt und dieselben ziehn sich nicht nur

*) Mittheilungen über die Entwässerung des Bodens durch unterirdische Röhrenleitung. Aus den Acten des Ministeriums für landwirthschaftliche Angelegenheiten. Berlin 1852.

unter beiden Rändern des Steinbettes fort, sondern in E
nungen von 100 Yards oder 24 Ruthen treten Abzweig
gleichmässig aus, die in der Mittellinie der Versteinung
menstossen. Diese Zweiggräben sind nicht senkrecht geg
Hauptgräben gezogen, sondern treffen dieselben unter W
von 30 bis 45 Graden. Auf solche Art werden auch die
Wasseradern, welche das Steinbette der Länge nach ve
aufgefangen und in die Sickercanäle an den Seiten, u
hier in die Seitengräben geführt. Dabei muss noch
werden, dass man durch eine besonders dichte Stein
unterhalb der Zweiggräben dafür sorgt, dass das Was
nicht darüber fortbewegen kann, sondern in sie hineintret

Die Sickergräben unter den Strassen braucht man
tief zu senken, wie jene, die zur Entwässerung eing
dienen; dagegen müssen sie, um der Erschütterung
Drucke gehörig Widerstand zu leisten, viel solider er
und es darf namentlich bei ihnen kein anderes als Stei
angewendet werden. Gewöhnlich bildet man sie, ind
dem zugerichteten Bette für die Packlage noch Gräben
12 Zoll Tiefe und eben so grosser Sohlenbreite ausgeho
den, die man demnächst mit grob zerschlagenen Steine
Wo aber die Besorgniss eintritt, dass der Zudrang des
sehr stark werden, und die Zwischenräume zwischen d
schüttung es nicht gehörig abführen möchten, da bi
freie Canäle, und zwar entweder, wie Fig. 131 zeig
flache Ziegel oder Fliesen auf den Boden gelegt und
Art von Forststeinen überdeckt werden, oder man we
gusseiserne Rinnen an. Die in Fig. 132 dargestellte
tion bezieht sich auf die Benutzung gewöhnlicher Zieg
Fig. 133 ist ähnlich, wie schon oben erwähnt, der Ca
förmig mit Bruchsteinen überdeckt, doch sind hier noc
platten angewendet, um das Versinken der aufrecht
Steine zu verhindern.*)

Endlich sind die Sickergräben auch noch von gross
tigkeit, um Erddossirungen, aus welchen Wasse
dringt, vor dem Einstürzen zu sichern. Das Verfahren

*) *Public works of great Britain.* London 1838. *Die*

dasselbe, wie bei stark geneigten Ackerflächen. Wenn
liche Quellen den Boden durchziehn, deren Mündung
rig geöffnet ist und welche die Erddossirung erweichen,
man durch Bohrungen dem Wasser einen leichteren
u verschaffen suchen. Besonders nöthig wird diese
wenn man einen tiefen Durchstich darstellt und dabei
ge Quellen und Wasseradern eröffnet, und selbst wenn
ern erbaut werden, so bleibt es noch rathsam, durch
n Abzugscanälen das Wasser aus der Hinterfüllung zu
, weil sonst der Druck sehr bedeutend werden könnte.
iel dieser Anordnung ist der Durchstich bei Blisworth
ondon-Birminghamer Eisenbahnlinie. Man musste im
ber 50 Fuss tief den Boden einschneiden, und der
il desselben bestand aus einem jüngeren Kalke, wäh-
r diesem in der Tiefe von 25 Fuss der zur Tertiär-
gehörige Klay lag. Letzterer durfte von der Feuchtig-
hinter der Futtermauer sich herabzuziehen drohte, nicht
werden, weil sonst wegen des grossen Druckes der
genden Felsmasse die Wände nicht mehr gehalten wer-
ten. Es wurde daher hinter der Futtermauer ein fester
ag ausgeführt, der die Sohle und die innere Wand des
bens bildet. Dieser Graben erhielt eine Breite von
und wurde mit geschlagenen Steinen ausgefüllt, die
so gross waren, dass sie durch einen Ring von 1½ Zoll
ser nicht hindurchfielen; er zog sich mit dem starken
on nahe 5 Zoll auf den Fuss auf und ab, und alle
führte eine Rinne das Wasser aus ihm durch die Futter-
adurch.

§. 31.

Bewässerungsanlagen.

Bewässerung der Ländereien geschieht entweder durch
chwemmung, oder durch Ueberrieselung. Die
t vorzugsweise beim Getraidebau üblich, doch wendet
auch häufig bei Wiesen zur Beförderung des Gras-
an, während die letztere sich allein auf die Wiesen-
schränkt. Nach der ersten Methode wird in der geeig-

neten Jahreszeit das Feld einmal oder wiederholentlich unter Wasser gesetzt und bleibt einige Tage hindurch damit bedeckt, wobei theils eine starke Durchnässung des Bodens erfolgt, theils aber auch die erdigen Theilchen aus dem Wasser niederschlagen und dadurch zur Befruchtung wesentlich beitragen. Bei der Ueberrieselung wird dagegen über die Wiesenfläche eine möglichst gleichmässige und kräftige Strömung geführt, die keineswegs den Rasen bedeckt, sondern die feinen Grasblättchen überall über das Wasser hervorragen lässt, so dass man letzteres nur eben dazwischen durchschimmern sieht.

Dass in beiden Fällen auch ganz reines Wasser von ausserordentlichem Nutzen ist, kann man nicht bezweifeln, da dieses immer als ein Regen wirkt, der gerade in der passendsten Zeit eintritt; wenn das Wasser aber nicht ganz rein ist, sondern einigen Schlamm mit sich führt, so ist es für die Ueberschwemmung um so nützlicher und etwas Aehnliches dürfte wohl auch für die Ueberrieselung stattfinden, obwohl man häufig das Gegentheil behauptet. Eine starke Ablagerung erdiger Stoffe ist im letzten Falle freilich insofern nicht passend, als dadurch die künstlich eingerichtete Wiesenfläche leicht so unregelmässig sich erhöht, dass das Bewässerungssystem bald gestört wird, dagegen bemerkt man bei diesen Wiesen, wenn das Wasser auch ganz rein zu sein scheint, mit der Zeit ein Aufwachsen des Bodens, und sonach ist es, übereinstimmend mit den sonstigen Erfahrungen, wahrscheinlich, dass auch hier die feinen und kaum merkbaren Erdtheilchen einen wesentlichen Einfluss auf die Vermehrung des Ertrages ausüben. Von welcher Art die im Wasser schwebenden Erdtheilchen sind und ob sie für die beabsichtigte Cultur vortheilhaft oder vielleicht nachtheilig sein werden, muss man, wenn nicht schon directe Erfahrungen vorliegen, näher untersuchen, damit man sich nicht etwa über die Verbesserung des Ackers zu sehr täuscht, oder man ihn wohl gar durch das darüber geleitete Wasser verdirbt. Bélidor*) erzählt ein Beispiel des letzten Falles, welches wohl der Beachtung werth ist, wenn auch die Mittheilungen über die Beschaffenheit des Wassers nicht vollständig sind. Es wurde nämlich das Wasser aus

*) *Architecture hydraulique. Vol. IV. p. 476.*

dem Flusse Aigues, der ohnfern Orange sich in die Rhone ergiesst, auf eine dürre Weide bei Rochegarde geleitet, wo nur wenig und schlechtes Heu wuchs. Der Erfolg der Bewässerung war der, dass sogar der bisherige schwache Graswuchs ganz aufhörte, und man fand den Grund dieser Erscheinung darin, dass sich aus dem Wasser, wo es zur Ruhe kam, eine weisse Erde niederschlug, und dieser Absatz, der Kreide ähnlich, zerstörte die Vegetation. Es mag dabei bemerkt werden, dass das Flüsschen Aigues in dem Lias und besonders in dem Oolithenkalke der Juragruppen seine Quellen sammelt.

Die Bewässerungsanstalten zeichnen sich im Allgemeinen vor allen sonstigen hydrotechnischen Anlagen durch eine grosse Einfachheit aus. Sie bestehn hauptsächlich nur in kleinen Gräben und niedrigen Verwallungen, und die Stauwerke oder Schütze, die man zuweilen dabei benutzt, sind wegen der geringen Dimensionen wieder sehr einfache Bauwerke. Die grosse Anzahl und weite Ausdehnung solcher Anlagen, die sämmtlich eine fortdauernde Aufmerksamkeit und bei entstehenden Unregelmässigkeiten eine schleunige Ausbesserung erfordern, erschweren aber häufig in hohem Grade das Gelingen des ganzen Unternehmens. Der Landmann, der von der Bewässerung den Nutzen zieht, muss grösstentheils selbst alle zugehörigen Anlagen controlliren und in gutem Stande erhalten und er darf nur in dem Falle einen Vortheil davon erwarten, wenn er dieses mit Liebhaberei und recht häufig thut. Ein einzelner Spatenstich, der zur rechten Zeit gemacht wird, kann leicht grossen Unordnungen vorbeugen, und so muss diese Arbeit ganz in den Kreis der gewöhnlichen landwirthschaftlichen Verrichtungen übergehn, wenn sie ohne grosse baare Auslagen besorgt werden soll. Dieses geschieht indessen nicht leicht gleich nach der ersten Anlage und alsdann verursachen die eingetretenen Versäumnisse in der Unterhaltung kostbare Reparaturen, wodurch zuweilen der ganze Gewinn verloren geht und das Unternehmen verfehlt erscheint. Erst wenn nach und nach durch längere Gewohnheit diese Arbeit das Fremdartige verloren hat und alle dahin gehörigen Anlagen mit einer Sorgfalt unterhalten werden, wie sie in den meisten landwirthschaftlichen Verrichtungen nicht erfordert wird, alsdann giebt sich der Nutzen des Unternehmens zu erkennen und es

drängt sich die Ueberzeugung auf, dass unter den verschiedenen Vortheilen, die man von dem Wasser ziehn kann, welches in den Bächen und Flüssen abgeführt wird, keiner so wichtig ist, als der, welcher aus der Anwendung zu Bewässerungen entspringt.

Was die Bewässerung durch **Ueberschwemmung** betrifft, so war diese Methode schon in dem frühesten Alterthume bekannt, indem ein Theil von **Egypten** seit dem Anfange der historischen Zeit ebenso bewässert wurde, wie dieses noch jetzt geschieht, nur scheinen die Anlagen, die man künstlich für diesen Zweck dargestellt hat, heut zu Tage nicht mehr sämmtlich in Wirksamkeit zu sein. Die natürlichen Anschwellungen des Nils setzen diese Bewässerungsanstalten in Thätigkeit; sie bestehn in einer Menge von Coupirungen, welche in dem westlichen Arme des Nils, oder dem sogenannten Josephs-Canale *(Bahr Jousef)* angelegt sind. Dass dieser Arm künstlich ausgegraben sei, wie der Name es vermuthen lässt, darf man wohl bezweifeln, aber dennoch ist eine solche Stromspaltung, wie diese, vielleicht ohne ihres Gleichen; auf 70 bis 80 Meilen Länge von Dendyra bis Cairo fliessen nämlich die beiden Arme vielfach unter sich verbunden, doch in getrennten Betten in einem Abstande von 1 bis 2 Meilen parallel mit einander fort, und man muss vermuthen, dass diese Spaltung, welche für das Bewässerungssystem so wesentlich ist, durch Kunst vervollständigt und gesichert wurde. Der westliche Arm, der nur etwa 300 Fuss breit ist, während der eigentliche Nil oder der östliche Arm über 2000 Fuss Breite hat, heisst von Tharout es Sherif abwärts der Joseph-Canal, und von hier bis unterhalb Cairo, also auf drei Breitengrade zieht er sich ohne Unterbrechung fort und dient zum Bewässern des Landstriches, der zwischen ihm und dem eigentlichen Nil liegt. Jenseits des Nils konnte diese Bewässerung nicht ausgedehnt werden, doch verbieten sich dergleichen Anlagen daselbst auch dadurch, dass der Fuss der arabischen Bergkette grossentheils das Stromufer bildet. Auf der westlichen Seite des Josephs-Canales erheben sich gleichfalls bald die hohen Sandhügel, die von der Libyschen Bergkette herabgeweht sind, welche letztere auch nicht fern ist. Sonach ist das eigentliche Flussthal Mittel-Egyptens auf den fruchtbaren Strich zwischen beiden erwähnten Flussarmen beschränkt,

und diesem Bewässerungssysteme verdankt derselbe allein seine Fruchtbarkeit. Das Terrain liegt hier so hoch, dass es durch die natürlichen Anschwellungen des Nils nicht regelmässig inundirt werden kann, und noch weniger würde das Wasser, wenn es auch hoch genug anstiege, daselbst zum Stillstande kommen und den befruchtenden Schlick, den es enthält, fallen lassen. Zu diesem Zwecke sind vielfache Durchdämmungen des Joseph-Canales ausgeführt, und in gehöriger Entfernung von denselben Verbindungen mit dem Nil eröffnet. Vor jedem solchen Damme staut das Wasser bis zu derjenigen Höhe auf, welche der Wasserspiegel des Nils an der Einmündung des nächst oberhalb belegenen Verbindungscanales erreicht, also nach Maassgabe des Gefälles steigt es mehrere Fuss über die natürliche Anschwellung des Stromes. So bilden sich treppenweise Bewässerungsbassins hinter einander, und vielfach werden die künstlichen Dämme durchstochen oder durchbrochen, wodurch sich nach und nach die grosse Wassermenge verliert, die aufgesammelt war, und sobald sie abgeflossen ist, so ist der Boden nicht nur durchnässt und gedüngt, sondern überhaupt so vorbereitet, dass die Saat sogleich ohne Weiteres ausgestreut werden kann.

Das Steigen des Nils beginnt bald nach dem Sommersolstitium, also in den ersten Tagen des Julius; am stärksten erfolgt es im Anfange oder der Mitte des Augusts; Mitte September hat das Wasser die grösste Höhe, etwa 25 Fuss über dem kleinen Wasser, erreicht. Im October zeigt sich schon ein merkliches Fallen, November und December wird dieses am stärksten, doch geschieht es viel langsamer, als das Steigen, bis wieder im Anfange Juli die neue Anschwellung eintritt. Im October durchsticht man schon die Dämme und eröffnet dadurch dem Wasser den Abfluss, worauf auch sogleich die Aussaat erfolgt.

Von dem Josephs-Canale tritt etwa 12 Meilen oberhalb Cairo durch ein enges Thal in der Libyschen Bergkette ein Arm in die acht Meilen lange und stellenweise eben so breite fruchtbare Ebene el Fajoum, an deren nordwestlicher Seite sich der Mörissee hinzieht. Diese ganze Ebene wird auf dieselbe Art, wie der Landstrich zwischen beiden Nilarmen, künstlich inundirt und sogar in einen zusammenhängenden See verwandelt, so dass die Communication gänzlich aufhört. Nach Herodot's Erzählung

floss das Wasser aber nicht auf demselben Wege, auf dem es eingelassen wird, wieder zurück, sondern es ergoss sich durch einen künstlich eröffneten nördlichen Abfluss nach Nieder-Egypten und diente auch hier zu künstlichen Bewässerungen. Die neueren Untersuchungen haben den letzten Punkt nicht bestätigt; ein solcher nördlicher Abfluss ist gegenwärtig nicht in Wirksamkeit, vielmehr verschwindet das eingetretene Wasser nur durch Verdunstung.

In Nieder-Egypten endlich, oder dem Nil-Delta, wo das Gefälle zur Zeit des Hochwassers nur etwa $\frac{1}{20000}$ beträgt, wird das Wasser zwar auch durch Erddämme angespannt und dadurch so hoch gehoben, dass es einen Theil der Ländereien bedeckt, doch bleiben die höherliegenden Striche davon gewöhnlich frei und können nur durch Schöpfmaschinen bewässert werden.*)

In der neuern Zeit ist das System der Bewässerung durch Ueberschwemmung am meisten im nördlichen Italien ausgebildet, und das Wasser, welches die von dem Südabhange der Alpen herabkommenden Flüsse führen, wird zu diesem Zwecke so vollständig benutzt, dass man im Sommer, während die Bewässerungen vorgenommen werden, keinen Tropfen Wasser in den Flussbetten sieht. Das Terrain zeichnet sich hier durch seine horizontale Lage aus, der geringe Abhang nach dem Po ist kaum bemerkbar, und selbst die Felder sind so eben, dass man ausser den künstlichen Erddämmen nicht die geringste Erhebung wahrnimmt. Diese Gestaltung der Oberfläche ist grossentheils durch die gleichmässige Ablagerung des Materials, welches die Flüsse herbeiführten, veranlasst worden, gewiss aber haben die künstlichen Ueberschwemmungen auch viel zur Entfernung der kleineren Unregelmässigkeiten beigetragen, indem man solche entweder durch Abgraben beseitigte, um jedes einzelne Feld vortheilhaft benutzen zu können, theils aber ebnet das Wasser auch selbst die Fläche, die es wiederholentlich bedeckt; es senken sich die Niederschläge nicht nur vorzugsweise in den Vertiefungen, sondern die höhern Stellen werden beim Wellenschlage angegriffen und somit ver-

*) Ritter's Erdkunde. I. Afrika. — Manche interressante Mittheilungen hierüber sind auch in einem Aufsatze von Malézieux enthalten: *Annales des ponts et chaussées.* 1851. I. p. 161 ff.

winden sie nach wenig Jahren. Diese Ebene ist mit zahl-
chen Gräben durchschnitten, welche, der allgemeinen Neigung
Terrains folgend, sich von Norden nach Süden hinziehn, und
f beiden Seiten von niedrigen Erddeichen eingeschlossen sind,
lche die einzelnen Felder begrenzen. Jedes Feld ist ringsum
einem solchen Deiche eingefasst, und ein kleines Schütz von
igen Quadratfuss Fläche, das zwischen steinernen Griessäulen
d auf einer Steinschwelle angebracht ist, giebt Gelegenheit,
f der obern Seite das Wasser aus dem Graben einzulassen.
bald dieses Schütz geöffnet wird, schliesst man ein anderes,
d sperrt dadurch den Graben dicht darunter, um alles Wasser
das zu inundirende Feld zu leiten. Der Zufluss dauert so lange,
das ganze Feld, wenn es nicht sogleich einen Theil des
ssers verschlucken würde, 3 bis 6 Zoll hoch damit bedeckt
den könnte. Alsdann schliesst man jenes Schütz wieder, und
ässert auf gleiche Art ein anderes Feld. Nach kurzer Zeit
sich alles Wasser in den Boden eingezogen und die Getraide-
len wachsen üppig empor, bis nach dem allgemeinen Cultur-
ne vielleicht nach einer oder zwei Wochen wieder eine neue
erschwemmung gegeben wird, bis das Getraide zur Reife kommt.
ufig ist noch ein zweites Schütz an der untern Seite des Feldes
ebracht, welches indessen nur nach starkem und anhaltendem
gen geöffnet wird.

Die erwähnten Gräben werden durch Zuleitungscanäle ge-
ist, die von jenen Flüssen aus sich am Fusse der Anhöhe
der obern Seite der Ebene hinziehn: ein Wehr schliesst jedes-
l dicht unter der Mündung eines solchen Canales das ganze
ssbette, so dass dieses nur das höhere Wasser abführt. Die
ichmässige Vertheilung des Wassers aus einem Flusse über
ganze damit zu inundirende Fläche fordert, dass alle Gräben,
aus demselben Canale gespeist werden, jedesmal eine gleiche
ssermenge erhalten. Es kann freilich nicht fehlen, dass das
antum zur Zeit der Dürre geringer ist, als nach einem starken
gen, aber keineswegs darf ein Graben viel Wasser erhalten,
hrend der andere wenig bekommt. Dieser letzte Umstand wird
wesentliche Bedingung betrachtet und man bemüht sich für
e Wassermenge, die der Hauptcanal führt, eine gleichmässige
theilung unter alle Zuleitungsgräben darzustellen. Man darf

daher in jedes Feld nach Maassgabe der Grösse desselben den Graben nur längere oder kürzere Zeit hindurch, einfliessen lassen, um den angemessenen Theil des Wassers ihm wirklich zuzuführen. Zu diesem Zwecke strömt das Wasser durch gleich weite Röhren aus dem Canale in die Gräben und diese Röhren sind so gelegt, dass sie beim kleinsten Wasserstande im Canale sämmtlich einem gleichen Wasserdrucke ausgesetzt sind. Der kleinste Wasserstand ist aber deshalb als Norm angenommen, weil während desselben es auf die gleichmässige Vertheilung am meisten ankommt.

Dieses sind im Allgemeinen die Principien der Bewässerung in der Lombardei. Der ganze Verband, der zu einer Bewässerung gehört, steht unter der Controlle des vom Verbande gewählten Aufsichtspersonals, welches nicht nur die Inundationen regulirt und zu diesem Zwecke alle Schütze unter Verschluss hat, sondern auch über die gute Erhaltung aller Werke wacht. Die Sorgfalt, womit diese Anlagen aber im Stande erhalten werden, ist dem Reisenden überraschend, und was oben in dieser Beziehung von den Bewässerungsanlagen im Allgemeinen gesagt ist, bestätigt sich hier vollkommen. Es muss hierbei noch erwähnt werden, dass einzelne Gräben, die grössere Flächen inundiren sollen, auch durch mehr als eine Röhre gespeist werden, und nach Maassgabe der Anzahl der Röhren, die geöffnet sind, ist auch die Zeit, während welcher die Einströmung in ein Feld erfolgt, um so kürzer. Man überzeugt sich leicht, dass durch die Verschiedenheit im Gefälle des Canales und durch die Länge der Gräben, welche auch einen Theil des Wassers einsaugen und verdunsten, die Vertheilung nicht mehr in aller Schärfe richtig bleiben kann; nichts desto weniger sind die angeführten Principien immer noch die passendsten und die einfachsten, die man wählen konnte, und eben wegen ihrer Einfachheit entfernen sie am sichersten jede Willkühr.

Es kommt noch darauf an, einige Data über die Wassermenge mitzutheilen, welche zur Bewässerung benutzt wird. G. Goury *) führt an, dass im Piemontesischen 343 Liter in der Secunde 130 bis 140 Hectaren fruchtbares Land bewässern, oder für die ganze

---

*) *Appendice des souvenirs polytechniques.* Paris 1828. p. 45. Die Rechnung, die Goury weiter giebt, stimmt hiermit nicht ganz, doch scheint darin ein Fehler zu liegen.

der Bewässerung muss man durchschnittlich für jede Hectare Wasserzoll rechnen, oder jeder Magdeburger Morgen braucht r Secunde 0,021 Cubikfuss Wasser. Sandiger Boden ver- das Doppelte, wenn man dagegen auf thonigem Untergrunde en bilden will, so braucht man nach Goury nur die Hälfte.

Auch in Frankreich kommen mehrfach ähnliche Bewässerungs- en vor. In der Provence rechnet man auf jede Hectare Vasserzoll oder auf den Morgen 0,013 Cubikfuss, und dabei gewöhnlich alle Monate nur einmal jedes Feld bewässert. ndern Gegenden Frankreichs bewässert man vom März bis wöchentlich einmal, und zwar giebt man, wenn das Wasser ich vorhanden ist, jedesmal so viel davon, dass es 3 Zoll das Land bedeckt. Die Kosten belaufen sich für die jähr- Bewässerung in den verschiedenen Theilen Frankreichs ien 23 und 40 Francs, durchschnittlich aber 30 Francs für ectare, oder für den Morgen beinahe 2 Thaler. *)

Endlich muss hier noch erwähnt werden, dass die Bewässe- n zuweilen, wie bei den untern Rhone-Niederungen noch zu andern Zwecke dienen. Der Boden, aus dem Meere auf- hsen, ist stark mit Salz durchzogen, und wenn eine Aus- ung durch Verdunstung erfolgt, so efflorescirt das Salz an berfläche und tödtet die jungen Saaten. Man bedeckt daher Boden vor der Aussaat mit dem süssen Rhonewasser und em dieses das Salz aufgelöst hat, wird es abgelassen. Die- Operation muss aber mehrmals wiederholt werden. Ausser- estreut man die Felder noch mit Schilf, nachdem die Aus- geschehn ist, um das Austrocknen und somit die starke An- lung von Salz zu verhindern; dieses Schilf dient aber für olge wieder zur Düngung. **)

Was die Bewässerung durch Ueberrieselung betrifft, so eselbe für den Hydrotecten von geringerer Bedeutung, indem ich nur auf einzelne Wiesenflächen bezieht. Die betreffenden gen sind daher gemeinhin auch so wenig umfassend, dass aum als zur Wasserbaukunst gehörig betrachtet werden. In

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. *II. p.* 291 ff.
**) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. p.* 127.

der Regel werden sie von dem Grundbesitzer selbst nach dem Augenmaasse und nach blosser Schätzung ausgeführt, woher denn auch in den Schriften, die hierüber handeln, keine bestimmten Erfahrungssätze mitgetheilt werden, sondern die Beurtheilung des passendsten Gefälles, der nöthigen Wassermenge und dergleichen nur von einer dunkeln Schätzung, oder dem sogenannten praktischen Blicke abhängig gemacht wird. Nichts desto weniger mögen die wichtigten Methoden, die zum Theil sehr sinnreich sind und oft mit grosser Geschicklichkeit angewendet werden, kurz berührt werden.

Augenscheinlich kann man die Wiesenwässerung in keiner grösseren Höhe beginnen lassen, als wo man im Stande ist das Wasser noch hinzuleiten. Zuweilen wird freilich durch Schöpfräder, auch wohl durch andere Maschinen, das Wasser künstlich etwas gehoben, gewöhnlich staut man aber den Bach, der in dem Thale fliesst, an einer passenden Stelle auf, und führt ihn i Seitengräben mit sehr geringem Gefälle möglichst hoch am Ufe fort. Wenn ein solcher Graben auf eine grössere Länge die Wie bewässern soll, so darf man das Wasser nicht unmittelbar üb das Ufer treten lassen, weil dadurch leicht tiefe Einrisse entsteh würden. Man versieht ihn also an beiden Seiten mit höher Ufern, und legt im Abstande von 3 Fuss an der Thalseite n ihm parallel einen besondern Ueberrieselungsgraben an, der n einen Spatenstich breit und tief ist, und durch Verbindungsgräb in Entfernungen von etwa 2 Ruthen durch ihn gespeist wi Diese Verbindungsgräben lassen sich leicht durch ein Stückch Rasen oder einen Spahn so weit verengen, oder andererseits viel erweitern, dass sie gleichmässig dem Ueberrieselungsgra das Wasser zuführen. Aus letzterem, der mit keinem höhe Ufer versehn ist, fliesst das Wasser überall auf den Rasen ü und die Gleichmässigkeit in der Verbreitung desselben wird durch erreicht, dass man mit dem Spaten in der Hand tägl die Anlage begeht und wo es Noth thut die feinen Rinnen erwei oder sperrt. Es kann jedoch nicht fehlen, dass wegen der ebenheit der Oberfläche sich bald eine Unregelmässigkeit ze und das Wasser sich an einzelnen Stellen stärker sammelt als andern; man muss daher in einem zweiten Ueberrieselungsgrab der ganz horizontal geführt ist, das Wasser wieder sammeln

es von diesem aus aufs Neue möglichst gleichmässig verbreitet auf die unterhalb gelegene Wiesenfläche treten lassen. So durchzieht man in Abständen von 1 bis 5 Ruthen den Abhang mit horizontalen kleinen Gräben, und in jedem derselben sammelt man das Wasser und verbreitet es aufs Neue, um alle Unregelmässigkeiten, die doch nicht zu vermeiden sind, bald wieder zu entfernen. Indem man die Ueberrieselungsgräben häufig begeht und alle bemerkten Unordnungen sogleich beseitigt, so vertheilt sich das Wasser mit einer überraschenden Gleichförmigkeit über die ganze Fläche und überall wächst das Gras üppig empor. Man findet solche einfache Anlagen häufig im westlichen Deutschlande, so oft das stärkere Gefälle der Bäche es erlaubt, diese hoch am Wiesenrande hin zu führen. Auf die Neigung der Wiesenfläche scheint es dabei wenig anzukommen, und die Grenze dafür wäre nur, dass sich der Rasen noch bilden kann.

Zuweilen trifft es sich, dass das Thal zu unregelmässig gestaltet ist, als dass man es mit den horizontalen Furchen überziehn und überall einen kräftigen Rasen erzeugen kann. Dieses ist der Fall, wenn die Ufer stellenweise sehr steil sind, auch das Bachbette sehr verschieden und überdies sehr veränderlich ist, so dass der gewonnene Rasen immer von Neuem zerstört wird. Wenn in solchem Falle der Boden aus reinem Sande besteht, wobei die angedeuteten Uebelstände sich am stärksten zu zeigen pflegen, so tritt die Gelegenheit zur Anlage von Schwemmwiesen ein, wie solche an der Ems und Lippe und in andern sandigen Gegenden des nordwestlichen Deutschlands nicht selten vorkommen. Eine Schwemmwiese zeigt, sobald sie fertig ist, nichts Eigenthümliches, sie wird auch wie andere Wiesen überrieselt, dagegen ist ihre Darstellung oder das sogenannte Wiesenflössen wichtig. Wollte man nämlich durch Abgraben der sandigen Ufer die tiefen Stellen ausfüllen und theils dem Bache selbst ein regelmässig geneigtes und gerades Bette geben, theils aber auch den Wiesengrund auf beiden Seiten von dem steilen Abhange bis zu diesem Bette sanft neigen, so würden die Kosten sehr gross ausfallen. Man führt daher künstlich diejenigen Umstände herbei, wodurch die Thäler von Flüssen und Bächen sich in der Natur ausbilden, und unter günstigen Verhältnissen sich in weit ausgedehnte, nahe horizontale und fruchtbare Wiesengründe verwandeln. Der Bach selbst muss

die Anhöhen, die man beseitigen will, abbrechen, und das gelöste Material theils in die Vertiefungen führen, es theils aber auch gleichmässig über das ganze Thal verbreiten, um demselben die erforderliche Höhenlage und sanfte Abdachung zu geben.

Das Wiesenflössen kann nur mit Erfolg betrieben werden, wenn der Bach mässig angeschwollen ist. Oberhalb der Stelle, wo die Melioration vorgenommen werden soll, zieht man einen Damm durch das Thal, um über eine grössere Wassermenge während der Arbeit disponiren zu können, so wie auch um beliebig an der einen und der andern Seite eine kräftige Strömung darzustellen. Die Melioration beginnt jedesmal oben, oder dicht unterhalb jenes Dammes, und wird, so oft die Witterung es gestattet, weiter abwärts fortgesetzt. Das Verfahren besteht darin, dass man gegen die Höhen, die man abtreiben will, eine kräftige Strömung richtet, und deren Wirkung noch dadurch unterstützt, dass man diese Höhen zugleich abstechen lässt. Der gelöste Sand wird aber nicht etwa fortgekarrt oder ausgeglichen, vielmehr nur in das stark strömende Wasser geworfen. Letzteres lässt ihn grossentheils in geringer Entfernung wieder fallen und lagert ihn sehr gleichmässig ab, indem es alle Vertiefungen in der Nähe damit anfüllt. Bis zu der Stelle, wo jedesmal der Angriff ausgeübt werden soll, fliesst der Bach in einem geschlossenen und ziemlich regelmässigen Bette, welches man mit Sorgfalt darstellt, da es auch später benutzt wird. Weiter abwärts wird dagegen das Wasser nicht mehr zusammengehalten, es folgt daher dem stärksten Abhange und fliesst meist quer über das Thal nach dem früheren Bachbette. Auf diese Art bildet sich die beabsichtigte Erhöhung und Abdachung aus, aber sie würde sehr unregelmässig und sonach auch wenig vortheilhaft sein, wenn man sie ganz dem Zufalle überlassen wollte. Man muss daher schon vor dem Beginne der Arbeit ein deutliches Bild von der neuen Wiesenanlage sich entworfen haben, auch die darzustellenden Höhen kennen, indem Auf- und Abträge sich ausgleichen. Gewöhnlich liegt in in der Mitte der ausgebildeten Wiese das eigentliche Bachbette, welches im erwähnten Damme durch eine Arche gespeist wird, die zur Abführung des Hochwassers dient. Zu beiden Seiten steigt der Wiesengrund sanft an bis zum Fusse der höheren Ufer, und hier liegen die Zuleitungsgräben für das Rieselwasser. Dieser

und dieselben Gräben, welche während des Flössens in der beschriebenen Art schon in Thätigkeit waren.

Es leuchtet ein, dass eine grosse Aufmerksamkeit und ein vielfaches kräftiges Einwirken nöthig ist, um die beabsichtigte Umformung des Bodens wirklich darzustellen, und namentlich ist es oft nicht leicht, die erforderliche Erhöhung bis zur Mitte des Thales auszudehnen. Man muss zuweilen allein zu diesem Zwecke Quergräben eröffnen, in welchen das Wasser schnell genug fliesst, um den bereits hineingeworfenen Sand nicht sogleich fallen zu lassen. Wenn man aber hierdurch auch keineswegs eine ganz regelmässige Oberfläche und vollständige Gräben darstellen kann, so lässt sich doch der schwierigste Theil der Arbeit auf diese Art ausführen, und es bleibt nur übrig, Einzelnes durch Handarbeit zu vollenden. Es muss aber noch bemerkt werden, dass die Bäche, namentlich wenn sie weiter unterhalb ein starkes Gefälle behalten, den Sand nicht vollständig fallen lassen, sondern ihn zum Theil noch mit sich führen und sonach dieses Wiesenflössen oft Veranlassung ist, dass Versandungen in den untern Theilen ihres Laufes entstehn, auch wohl die Flüsse, in welche sie einmünden, verflacht werden.

Endlich ist hier noch die sehr sorgfältige Bearbeitung der Wiesen zu erwähnen, die man besonders im Siegenschen häufig antrifft und deren Darstellung man gewöhnlich den Siegenschen Wiesenbau nennt.*) Das Wesentliche dabei ist, dass man die Gräben und Abhänge zu einer recht frischen Ueberrieselung einrichtet, aber um nach Maassgabe des Gefälles, welches man dem Wasser geben kann, den möglichst grössten Effect herbeizuführen, so wird die ganze Wiese durch Handarbeit umgelegt und so regelmässig bearbeitet, dass man überall nur die gleichmässig geneigten Ebenen erblickt und keine Unregelmässigkeit sich darin zeigt.

Um eine kräftige Ueberrieselung hervorzubringen, muss die Fläche eine starke Neigung haben; gewöhnlich sucht man dieselbe auf $\frac{1}{12}$ zu bringen, doch wird als äusserste Grenze $\frac{1}{18}$ angegeben. Hat die Wiesenfläche schon diese Neigung, oder kann sie ihr künstlich gegeben werden, so wird die Bewässerung mittelst der

*) Vorländer, die Siegensche Kunstwiese. Siegen 1837.

horizontalen stufenförmig unter einander liegenden Ueberrieselungsgräben genau in der Art eingerichtet, wie bereits beschrieben worden. Man nennt dieses den Hangbau. Fig. 134 a und b zeigt im Grundrisse und Längenprofile diese Anordnung. E ist der Zuleitungsgraben, *F* und *G* sind die Ueberrieselungsgräben und man bemerkt dazwischen auch Verbindungsgräben; doch müssen von den letzteren diejenigen, welche die Ueberrieselungsgräben unter sich und mit dem Sammelgraben *H* verbinden, geschlossen werden, wenn die Ueberrieselung erfolgen soll. Zu diesem Zwecke werden alsdann zugeschärfte Brettchen, wie Schütze, unmittelbar in den Boden eingestossen, wie die Querlinien zeigen. Indem man diese öffnet und schliesst, so ist es möglich, jeden Theil der Wiese beliebig zu bewässern, während die andern trocken bleiben.

Zuweilen trifft es sich, dass die Wiese im Allgemeinen nicht das erwähnte starke Gefälle erhalten kann. Alsdann bleibt noch das Mittel, durch Anordnung von Querabhängen dieses Gefälle darzustellen, wie dieselbe Figur auf der rechten Seite und Fig. c im Querprofile zeigen. Man nennt dieses den Rückenbau, der auch häufig mit dem Hangbau vereinigt ist, indem die Wiesen gewöhnlich oben ein stärkeres Gefälle haben als unten. Die Einrichtung des Rückenbaues ist folgende: man theilt die Wiese in dachförmige Rücken ein, welche sich in der Richtung hinziehn, die den Abhang der Wiese bezeichnet. Die Breite der Rücken beträgt nur 2 bis 3 Ruthen, wenn nicht etwa in jedem Rücken noch der Hangbau angebracht ist. Der Sammelgraben oder Zuleitungsgraben *H* ergiesst sein Wasser theils als gewöhnlicher Ueberrieselungsgraben in die anstossenden dreieckigen Flächen zwischen je zwei Rücken, theils aber und hauptsächlich speist er die Rückengräben *J*, die sich längs dem Kamme mit möglichst geringem Gefälle hinziehn. Die letzteren sind die eigentlichen Ueberrieselungsgräben, welche das Wasser auf die trapezförmigen Flächen zu beiden Seiten ausgiessen und ausserdem auch die dreieckige Fläche (entsprechend dem Walme eines Daches) bewässern. Zwischen je zwei Rücken ziehn sich Sammelgräben *K* hin, die alles Wasser der Seitenabhänge auffangen und es in den Abzugsgraben *L* führen. Eine ganz gleichförmige Vertheilung des Wassers findet hier nicht statt, sobald der Graben *H* und die Rückengräben *J* gleichmässig an allen Stellen das Wasser über-

en lassen, denn die Flächen, die oberhalb des Sammelgrabens liegen, erhalten von zwei Seiten ihre Zuflüsse, während diejenigen, die unterhalb der Rückengräben J sich befinden, weder der einen, noch von der andern Seite gehörig gespeist werden, ähnlicher Art, wie in der Hohlkehle zwischen zwei Dachflächen h vieles Wasser ansammelt, während dem Grade, der die Seitenche vom Walme trennt, gar kein Wasser zufliesst. Man muss se Unregelmässigkeit durch passende Zuleitung und durch Erung oder Senkung der Grabenränder möglichst auszugleichen chen.

Man überzeugt sich leicht, wie eine schwächere Neigung, lche die Wiesenfläche im Allgemeinen hat, dennoch ausreichen n, um jedem einzelnen Abhange das nöthige Gefälle zu geben. nn dieses z. B. zu $\frac{1}{12}$ angenommen ist, und die Länge der ken 6 Ruthen, ihre Breite 2 Ruthen und das Längengefälle Rücken- und Sammelgräben $\frac{1}{2}$ Zoll auf die Ruthe oder $\frac{1}{288}$ ägt, so wird die Niveaudifferenz zwischen den Gräben H und leich $12 + 2\frac{1}{2} = 14\frac{1}{2}$ Zoll sein, während man für den Hangbau Einführung desselben Gefälles 6 Fuss oder 72 Zoll Gefälle raucht haben würde.

Es ist hierbei zu bemerken, dass man die Länge der Rücken t füglich grösser als 6 Ruthen machen darf, weil sonst die errieselung nicht gleichmässig erhalten werden kann. Für das älle der Sammel- und Rückengräben nimmt man zwar $\frac{1}{4}$ Zoll die laufende Ruthe als äusserste Grenze an, doch gewöhnlich es stärker und beträgt namentlich in den Sammelgräben oft Zoll auf die Ruthe. Die Rückengräben erhalten häufig gar n Gefälle, nicht sowohl weil sie dieses nicht brauchen, als mehr, weil es sich von selbst einstellt, indem der untere Theil Rückens aus aufgetragener Erde besteht, die sich noch später as setzt. Gemeinhin dehnt sich die Wiese so weit aus, dass ganze Breite durch eine Reihe Rücken nicht umfasst werden n; alsdann wird der Sammelgraben L wieder zum Speisegraben die folgenden Rückengräben, und es entsteht die Frage, ob in der nächsten Reihe die Rücken so versetzen soll, dass Sammelgraben K unmittelbar in den folgenden Rückengraben rtritt. Diese Anordnung scheint zwar etwas einfacher zu sein, erspricht aber dem Hauptgrundsatze für jede Ueberrieselung,

dass man nämlich in möglichst kurzen Abständen wieder alles Wasser in einem offenen Graben sammeln muss, wodurch allein verhütet werden kann, dass eine Ungleichmässigkeit in der Vertheilung des Wassers sich zu weit ausdehnt. Hiernach ist es vortheilhafter, wie auch gemeinhin geschieht, die Rücken in den verschiedenen Reihen so anzuordenen, dass ihre Axen zusammenfallen.

Was die Ausführung der Erdarbeiten zur Darstellung dieser Wiesen betrifft, so geschieht dieselbe im Siegenschen gemeinhin unter Leitung von gelernten Wiesenbauern, obgleich die Liebhaberei für solche Anlagen so gross ist, dass jeder wohlhabende Landmann sich gern in dieser Kunst versucht und Kenntnisse davon zu haben glaubt. Das Schwierigste dabei ist die Ausgleichung der Auf- und Abträge, was meist nur nach dem Augenmaasse geschieht. Gemeinhin wird auch kein detaillirter Plan zum Voraus entworfen, sondern man fängt mit den Hauptarbeiten an und richtet die Anordnung derjenigen Theile, wobei weniger zu thun ist, nach den Erdmassen ein, die man von jenen übrig behalten hat, oder dazu noch braucht.

Sobald die Arbeit begonnen werden soll, schält man den Rasen von dem Boden ab, und hebt ihn zur Bedeckung der neuen Wiese auf. Dieses geschieht entweder durch Abstechen gewöhnlicher Rasenstücke, oder man löst, wenn der Rasen zähe ist, lange Streifen desselben von 1 Fuss Breite und 10 bis 15 Fuss Länge und rollt diese um einen Baum, wodurch der Transport, sowie das Auflegen, das wieder durch Abrollen erfolgt, sehr erleichtert wird. Demnächst muss auch der Untergrund genau sortirt werden, der schlechtere dient nur als Füllmaterial, wogegen der bessere unmittelbar unter den Rasen kommt. Jeder Auftrag wird angestampft und Alles sorgfältig nach der Setzwaage geebnet, bevor die Rasendecke aufglegt wird. Oft zeigen diese Wiesen eine überraschende Regelmässigkeit und Sauberkeit in der Ausführung; doch hält sich diese nur eine gewisse Reihe von Jahren hindurch, denn wenn einzelne Reparaturen auch regelmässig dabei vorgenommen werden, so muss man doch nach 20 bis 30 Jahren die ganze Wiese wieder abschälen und aufs Neue vollständig bearbeiten.

Zu diesen Berieselungen benutzt man eine viel grössere Wassermenge, als zur Beförderung des Graswuchses erforderlich ist, woher bei Weitem der grösste Theil des Wassers am untern Rande

er Wiese wieder dem Bache zufliesst. Gewöhnlich wird ganz ansslos soviel Wasser abgefangen und in die Gräben geleitet, als man irgend dem Bache entziehn kann; häufig wird derselbe ganz trocken gelegt, aber nichts desto weniger erscheint er, nachdem er das Rieselwasser wieder aufgenommen hat, eben so kräftig, als früher. Man hört daher auch häufig die Behauptung aussprechen, dass beim Berieseln gar kein Wasser consumirt wird, und in der That ist es oft geschehn, dass Müller, die gegen Anlagen dieser Art den heftigsten Widerspruch erhoben aus Besorgniss, das erforderliche Betriebswasser zu verlieren, dennoch gar nicht bemerkten, dass die Berieselungen bereits in Thätigkeit gesetzt waren. Dieses beweist indessen nur, dass der Verlust vergleichungsweise zur ganzen Wassermenge sehr geringe ist, aber keineswegs, dass er gar nicht stattfindet.

Es ist wohl nicht anzunehmen, dass es vortheilhaft sei, solche übergrosse Wassermassen über die Wiesen strömen zu lassen. Wenn dieses aber auch den Ertrag nicht beeinträgtigt, so wird doch die ganze Anlage wegen der erforderlichen grösseren Graben-Profile vertheuert, und noch mehr vergrössern sich die Unterhaltungskosten, insofern die heftige Strömung vielfache Beschädigungen veranlasst und die Regelmässigkeit der Wiese bald stört. Ausserdem ist dieses Verfahren auch sehr nachtheilig, indem es die allgemeinere Einführung der Wiesenwässerungen verhindert: man hält die übergrosse Wassermenge für unentbehrlich, während das wirkliche Bedürfniss viel geringer ist.

Nadault de Buffon *) hat sich bemüht, dieses Bedürfniss aus mehrfachen Erfahrungen herzuleiten, die bei verschiedenen grossen Wiesenwässerungen gemacht sind. Die Resultate weichen freilich unter sich sehr bedeutend ab, und der Unterschied wird, wie Buffon sagt, noch grösser, wenn man die Landwirthe fragt, die immer möglichst viel Wasser fordern, um selbst bei anhaltender Dürre noch sehr grosse Massen verwenden zu können. Es ergab sich aber, dass ein Zufluss, der während der Sommermonate durchschnittlich in der Secunde 1 Liter lieferte, in allen Fällen mehr, als genügend war, um eine Hectare Wiesengrund zu bewässern:

---

*) *Traité théorique et pratique des Irrigations. Tome III.* Paris 1844. *p.* 502 bis 509.

ein halbes Liter wurde selbst in den heissen Landstrichen des südlichen Frankreichs für genügend angesehn, und bei vorsichtiger Zuleitung und Vertheilung des Wassers war sogar die Hälfte davon, oder ein Viertel Liter für dieselbe Fläche ausreichend.

Hiernach entscheidet sich Buffon dahin, dass ein dauernder Zufluss von einem Viertel bis zu einem halben Liter in der Secunde für eine Hectare Wiesengrund genüge: d. h. $3\frac{3}{4}$ bis $7\frac{1}{2}$ Cubikzoll für einen Morgen von 180 Quadratruthen. Ein Bach, der während des Sommers durchschnittlich 1 Cubikfuss in der Secunde giebt, ist sonach fähig, 480 bis 240 Morgen Wiesenfläche zu bewässern. Man lässt aber das Wasser nicht ununterbrochen auf dieselbe Fläche treten, vielmehr ist es vortheilhaft, wenn das Wasser möglichst vollständig verwendet werden soll, die Wiese in zwei gleiche Hälften zu theilen, die abwechselnd immer 14 Tage hindurch bewässert werden. Die ungetheilte Wassermenge, die während einer solchen Periode auf die halbe Fläche tritt, entspricht einem Niederschlage von $2\frac{1}{3}$ bis $4\frac{2}{3}$ Zoll Höhe, also jedenfalls einem sehr starken Regen, während mehrerer Tage. Wenn solche Regengüsse sich in besonders nassen Jahren in denselben Perioden regelmässig wiederholten, so würde ohne Zweifel die künstliche Bewässerung ganz entbehrlich werden. Hierin findet Buffon die Erklärung und Begründung der erwähnten Erfahrung, dass auch das angegebene geringste Maass schon genügend sei. Dabei ist freilich der grosse Unterschied zwischen dem natürlichen Regen und der künstlichen Bewässerung in Betreff der Verdunstung unbeachtet geblieben: dieselbe ist nämlich im letzten Falle viel grösser, als im ersten, wo die Luft schon bis zur Sättigung mit Wasserdunst angefüllt ist. Nichts desto weniger ist die angegebene Wassermenge auch bei bedeutendem Verluste noch immer so gross, dass sie, wie auch manche Erfahrungen gezeigt haben, genügend erscheint, und namentlich dürfte dieses in dem rauheren Clima des nördlichen Deutschlands der Fall sein.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass Nadault de Buffon das zum Bewässern von Aeckern erforderliche Quantum als noch geringer, und durchschnittlich als die Hälfte dessen angiebt, das zu Wiesenwässerungen gebraucht wird.

Fünfter Abschnitt.

Undirungen.

§. 32.

Allgemeine Anordnung der Fundirungen.

ht leicht stellt man schwere Gebäude unmittelbar auf die
rfläche des Bodens, weil die obern Erdschichten fast nie
nöthige Festigkeit haben, um grosse Lasten mit Sicherheit
tragen. Wenn dieses aber unter gewissen Umständen auch
Fall sein sollte, so wäre dennoch zu besorgen, dass der
en, wenn er dem Einflusse der Witterung ausgesetzt bliebe,
e Tragfähigkeit nach und nach verlieren könnte. Nur wenn
ben so fest, und für das Wasser ebenso undurchdringlich
wie die Mauer selbst, so darf man das Fundament fortlassen
das Gebäude unmittelbar auf den Boden stellen. Dieser
kommt jedoch nur selten vor, denn selbst ein dichtes Ge-
wird von der Luft, dem Regen und dem Froste gewöhnlich
egriffen und seine Oberfläche zeigt daher fast jedesmal Spuren
Verwitterung, oder ist wenigstens mit feinen Rissen durch-
n, in welche das Wasser eindringt und den Zusammenhang
. Es begründet sich hiernach die Regel, dass jeder solide
wenigstens so tief unter der umgebenden Erdoberfläche fun-
werden muss, als der Frost eindringt. Demnächst aber
auch dafür zu sorgen, dass weder unmittelbar unter dem
damente, noch auch durch die nächst darunterliegenden Erd-
chten sich starke Wasseradern hinziehn, weil diese den Grund
altbar machen könnten, selbst wenn er aus Felsen bestände.
Abgesehn von diesen nachtheiligen Veränderungen des Grun-
, die in grösserer Tiefe immer weniger wahrscheinlich wer-
, als in der Nähe der Oberfläche, nimmt die Tragfähigkeit
s gleichartigen Bodens auch mit der grösseren Tiefe in
m Grade zu. Besteht der Boden aus Sand oder einer festen
, deren einzelne Körnchen jeder Bewegung eine starke Rei-

§. 32.

Allgemeine Anordnung der Fundirungen.

Nicht leicht stellt man schwere Gebäude unmittelbar auf die Oberfläche des Bodens, weil die obern Erdschichten fast nie die nöthige Festigkeit haben, um grosse Lasten mit Sicherheit zu tragen. Wenn dieses aber unter gewissen Umständen auch der Fall sein sollte, so wäre dennoch zu besorgen, dass der Boden, wenn er dem Einflusse der Witterung ausgesetzt bliebe, seine Tragfähigkeit nach und nach verlieren könnte. Nur wenn er eben so fest, und für das Wasser ebenso undurchdringlich ist, wie die Mauer selbst, so darf man das Fundament fortlassen und das Gebäude unmittelbar auf den Boden stellen. Dieser Fall kommt jedoch nur selten vor, denn selbst ein dichtes Gestein wird von der Luft, dem Regen und dem Froste gewöhnlich angegriffen und seine Oberfläche zeigt daher fast jedesmal Spuren der Verwitterung, oder ist wenigstens mit feinen Rissen durchzogen, in welche das Wasser eindringt und den Zusammenhang löst. Es begründet sich hiernach die Regel, dass jeder solide Bau wenigstens so tief unter der umgebenden Erdoberfläche fundirt werden muss, als der Frost eindringt. Demnächst aber ist auch dafür zu sorgen, dass weder unmittelbar unter dem Fundamente, noch auch durch die nächst darunterliegenden Erdschichten sich starke Wasseradern hinziehn, weil diese den Grund unhaltbar machen könnten, selbst wenn er aus Felsen bestände.

Abgesehn von diesen nachtheiligen Veränderungen des Grundes, die in grösserer Tiefe immer weniger wahrscheinlich werden, als in der Nähe der Oberfläche, nimmt die Tragfähigkeit eines gleichartigen Bodens auch mit der grösseren Tiefe in hohem Grade zu. Besteht der Boden aus Sand oder einer festen Erde, deren einzelne Körnchen jeder Bewegung eine starke Rei-

bung entgegensetzen, so wird das tiefere Einsinken des G
des unter übrigens gleichen Umständen um so sicherer v
dert, je grösser dieser Widerstand ist. Das Ausweiche
Sandes ist aber nicht anders denkbar, als dass die Kör
welche fortgeschoben werden, wieder andere drängen u
fort, bis neben dem Gebäude der Boden sich erhebt; weni
wird dieses geschehn müssen, wenn der Boden mit Wasser
zogen, oder wenn er nicht comprimirbar ist. Hierbei k
aber um so mehr Körnchen in Bewegung, je tiefer das I
ment unter der Oberfläche sich befindet, und alle erleider
um so stärkeren Druck und folglich eine um so grösser
bung, je höher die Sandschüttung darüber ist. Obgleich
Räsonnement nicht in jeder Beziehung als vollständig be
angesehn werden darf, so bietet es sich doch zunächst d
führt zu dem Schlusse, dass die Last, welche eine
Grundfläche tragen kann, dem Quadrate der Tiefe der I
kung proportional ist. Ein Versuch, den ich in kleinem
stabe anstellte, bestätigte dieses wirklich. Ich füllte ein
mit stark durchnässtem Sande, von welchem ich das übers
Wasser abgoss; stellte darauf einen leichten cylindrisch
von 3½ Linien Durchmesser, und indem ich diesen na
nach beschwerte, so beobachtete ich, wie tief er jedesmal
drückt wurde. Die ganze Einsenkung betrug bei einer B

von 16 Loth	. . . .	0,7 Zoll
- 48 -	. . . .	1,4 -
- 80 -	. . . .	1,7 -
- 112 -	. . . .	1,9 -

Es lassen sich diese Resultate ungefähr darstellen, we
die Belastung gleich setzt dem Quadrate der Einsenkun
tiplicirt mit 28¼. Man erhält alsdann aus den beobachte
senkungen folgende Werthe für die Belastungen:

14 . . . . 56 . . . . 82 103

wobei die bleibenden Differenzen immer als Fehler d
unsichern Beobachtungsart angesehn werden können.

Wurde der Sand durch starkes Umrühren förmlich in
sand verwandelt, so war die Einsenkung viel stärker
konnten hierbei keine Beobachtungen angestellt werden,
der Sand gar zu ungleichmässig sich lagerte. Wenn

gegen trockenen Sand in das Gefäss schüttete und denselben so schwach benetzte, dass das Wasser nur eben die Zwischenräume füllte und vermöge der Capillar-Attraction eine sehr feste Ablagerung des Sandes bewirkte, so drückte das Gewicht von 3½ Pfunden den Stab nur etwa 2 Linien tief herab.

Endlich untersuchte ich auch das Verhalten des ganz trockenen Sandes. Zunächst beschüttete ich damit den Stab in verschiedener Höhe, und alsdann schienen die Gewichte, welche der Stab noch eben tragen konnte, der einfachen Tiefe der Eintauchung proportional zu sein, was sich dadurch erklärt, dass in diesem Falle gar keine Erhebung in der Oberfläche eintritt. Der vom Stabe verdrängte Sand verursachte nur eine dichtere Ablagerung am untern Ende des Stabes; dass dieses wirklich der Fall war, konnte ich durch eine Schüttung, die abwechselnd aus verschiedenfarbigen Sandschichten bestand, in einem Glasgefässe sehr deutlich wahrnehmen. Die Grenzlinien zwischen den Schichten verschoben sich nämlich vor dem Stabe nur nach unten zu und nirgend wurden sie gehoben, wie bei nassem Sande sehr deutlich zu bemerken war. Der Stab verdrängt also unter solchen Verhältnissen in jeder Tiefe eine der Einsenkung entsprechende Sandmasse, und der Widerstand, den diese leistet, ist ihrer Reibung oder ihrer Belastung durch die obern Sandschichten proportional.

Wenn ich dagegen beim trocknen Sande den Versuch in derselben Art wie beim nassen Sande anstellte, das heisst, wenn ich den Stab nach und nach mit grösseren Gewichten beschwerte und seine Einsenkung jedesmal beobachtete, so wurde die Tragfähigkeit wieder sehr vermehrt und stellte sich ziemlich übereinstimmend mit dem obigen Gesetze heraus, oder die Belastung war wieder dem Quadrate der Einsenkung proportional.

Das Gesagte bezieht sich nur auf reinen Sand; die einzelnen Körnchen, woraus derselbe besteht, sind feste und von einander ganz unabhängige Körper, die unter einem gewissen Drucke zwar ausweichen, dabei aber ihre Form nicht ändern, auch keine zusammenhängende zähe Masse bilden. Es kann daher durch einen verstärkten ungleichmässigen Druck eine gewisse Bewegung im Sande allerdings entstehn, dieselbe ist aber jedesmal sehr schnell beendigt, denn sobald die Theilchen so

weit versetzt sind, dass ihre gegenseitige Reibung den und bleibenden Druck aufhebt, so tritt das Gleichgewicht ein und dieses wird ohne eine neue Veranlassung nicht mehr gestört. Andere Erdarten zeigen dagegen ein wesentlich verschiedenes Verhalten und stehn gewissermaassen den Flüssigkeiten näher; die einzelnen Theilchen afficiren sich nämlich nicht nur durch die Reibung, die sie gegenseitig ausüben, sondern kleben auch aneinander und daher werden nicht, wie bei dem Sande, einzelne stark bewegte Theilchen über ruhende fortgeschoben, vielmehr erstreckt sich die Bewegung durch die ganze Masse und die nebeneinander liegenden Theilchen trennen sich nicht, sondern nehmen nahe dieselbe Geschwindigkeit an, so dass sie sich gegenseitig nur wenig verschieben. Diese Zähigkeit und Klebrigkeit setzt aber jeder plötzlichen Bewegung einen grossen Widerstand entgegen, während derselbe unter dauerndem Drucke viel unbedeutender wird und vielleicht endlich ganz verschwindet, so dass die Masse mit der Zeit diejenige Lage annimmt, die sie annehmen müsste, wenn die Theilchen gar nicht an einander hafteten. Schon bei wirklichen Flüssigkeiten vergeht oft eine merkliche Zeit, ehe die Theilchen dem Drucke nachgeben. Hiervon hängt der Grad der Flüssigkeit ab. Die Libellen oder Niveaus füllt man, wenn sie recht empfindlich sein sollen, mit Aether, und es ergiebt sich aus den astronomischen Beobachtungen, dass sie sich gewiss bis auf eine Bogensecunde jedesmal richtig einstellen, und zwar augenblicklich, nachdem die Schwankungen aufgehört haben. Eine dickflüssige und zähe Masse, wie Honig, nimmt dagegen, wenn man das Gefäss neigt, nur sehr langsam die horizontale Oberfläche wieder an, und auf noch zähere Massen, wie Pech, kann man bei gewöhnlicher Temperatur ein grosses Gewicht legen, ohne einen merklichen Eindruck zu verursachen, man kann auch mit einem Hammer darauf schlagen, ohne die Masse zum Weichen zu bringen; sie scheint ein fester Körper zu sein. Wenn man aber ein Gewicht mehrere Tage lang darauf ruhen lässt, so sinkt es nach und nach tiefer ein und nach Wochen und vielleicht nach Monaten hat es sich zuletzt ungefähr so tief gesenkt, wie der hydrostatische Druck für eine Flüssigkeit bedingt. Solche anscheinend feste Körper sind also den hydrostatischen Gesetzen unterworfen, oder

Flüssigkeiten; ihre Zähigkeit verhindert aber ein schnelles weichen der Theilchen, und eine geraume Zeit vergeht, bediese die Lage des Gleichgewichtes annehmen.

Bei einer zähen Erde bildet sich indessen die horizontale erfläche nicht nur langsam, sondern auch sehr unvollständig; Theilchen versetzen sich nur so lange, als der Druck von einen Seite viel grösser ist, als von der andern; bei geringen ferenzen bleiben sie in Ruhe. Die Reibung, die sich beim ade so merklich darstellt, behält auch hier ihren grossen Ein-s, und wenn man sonach ein Gebäude auf einem Grunde führen will, der in gewisser Beziehung die Eigenschaften er Flüssigkeit zeigt, so darf man noch keineswegs befürch-, dass es bis zur vollständigen Gleichstellung des Druckes d Gegendruckes versinken wird. Nichts desto weniger bleibt solcher Boden doch sehr bedenklich, und besonders zeigt Thon, wenn er nicht trocken ist, dieses langsame und ernde Ausweichen. Wenn der Thon sich aus dem Wasser eben niedergeschlagen hat, so bildet er einen dünnen Schlamm, jedesmal sehr gefährlich ist, der aber glücklicher Weise ht leicht eine grosse Mächtigkeit hat, denn die darüber ge-erten Theilchen drängen bald das Wasser so weit heraus, s er eine grössere Festigkeit annimmt. Gewöhnlich findet n ihn in ziemlich compactem Zustande und dieses ebensowohl einer Ablagerung unter, wie über Wasser. Nur an den llen, wo er mit dem Wasser in Berührung bleibt, also be-ders da, wo sich Wasseradern hindurchziehn, ist er stark chweicht.

Wenn mit dem Thone zugleich Humustheilchen oder unver-ste organische Substanzen niederschlagen, so bildet sich ein onders loser Boden oder Schlamm, worin die erwähnten ffe die feste Ablagerung verhindern und dadurch das Wasser weit grösserer Menge zurückhalten. In diesem Falle, der Niederungen zuweilen vorkommt, lässt sich ein schwerer Bau dadurch sicher fundiren, dass er grossen Theils im Boden senkt, darauf förmlich schwimmt. Das ganze Gewicht des ues darf alsdann nicht grösser sein, als die ausgegrabene lammasse, die früher an seiner Stelle befindlich war. Bei nchen Arten von Bauwerken liesse sich diese Bedingung leicht

erfüllen; so kann z. B. eine Schiffsschleuse, deren Mauer
nicht über den Boden erheben, so eingerichtet werden, da
den Grund, auf dem sie erbaut wird, durchschnittlich nich
ker drückt, als er früher durch die daraufliegende Erde ge
wurde. Ebenso können Souterrains, die man unter Woh
andern Gebäuden anbringt und die man wasserfrei erhält,
einer Vermehrung des Druckes begegnen, es ergiebt sich
dass alle Bauten, die sich hoch erheben und dabei aus g
Mauermassen bestehn, unter solchen Verhältnissen gar nich
zuführen sind, vielmehr muss man ihr Gewicht auf die da
befindlichen festeren Schichten übertragen. Es ist nicht be
dass man jemals von dem angedeuteten hydrostatischen Pr
vollständig Gebrauch gemacht hat, um Gebäude in sehr
Boden vor dem Versinken zu sichern; bei Erbauung der A
Mühlen in London hat jedoch Rennie zum Theil diese Ide
folgt. Farey *) beschreibt die hier gewählte Fundirungs
folgenden Worten:

Das Gebäude der Albion-Mühlen hat man auf den
Anschüttungen am Stirnpfeiler der Blackfriars-Brücke
und um theils die Mauern zu sichern und theils mit dem
damente nicht gar zu tief herabgehn zu dürfen, so entwar
nie den Plan, das ganze Gebäude auf umgekehrte Gewö
stellen. Zu diesem Zwecke wurde der Grund unter den M
so befestigt, wie dieses auch sonst üblich ist; wo es
war, schlug man Pfähle ein, oder legte einige Schicht
recht grossen und flachen Steinen aus, und bildete so di
damente. Damit dieselben durch die Belastung jedoch n
die lose Erde einsinken möchten, so wurden alle Räum
zwischen mit starken umgekehrten Gewölben versehn, di
also unter der ganzen Fläche des Gebäudes zwischen allen M
hinzogen. Diese Gewölbe hatten ihre Widerlager in den
damenten der Mauern, und letztere konnten nicht sinken,
dass die Gewölbe sich in gleichem Maasse in den Grun
drückten. So wurden die sämmtlichen Fundirungen mit ei
verbunden, und bildeten eine so grosse Basis, dass sie
in dem Falle das Gewicht des ganzen Gebäudes hätten

*) *Treatise on the Steam Engine by J. Farey.*

men, wenn auch der Grund aus Schlamm bestanden hätte, n das Gebäude musste schwimmen, wie ein Schiff im sser schwimmt. Welche Senkung aber auch eingetreten wäre, hätte daran das ganze Gebäude gleichmässig Theil nehmen ssen, und ein Ausweichen oder Einsinken einzelner Mauern r unmöglich. Der Grund hatte indessen doch einige Festig-t, und durch die erwähnte Ausdehnung der tragenden Fläche rde der ganze Bau so gesichert, dass er sich gar nicht ge-kt hat.

Hiermit stimmt gewissermaassen das Verfahren überein, das n beim Stollenbau im leichten Boden anwendet; es geschieht mlich, dass der Untergrund, worauf die Seiteneinfassung eines llens steht, sich nach und nach erhebt und zuletzt den Stollen z anfüllt. Wahrscheinlich sind es die Quellen, welche den nd theils mit sich führen und theils auflockern und dadurch sen, so dass er immer weiter emporsteigt. Man begegnet sem Uebelstande wieder durch ein umgekehrtes Gewölbe, das n am Boden anbringt, und diese Methode wird ganz allge-in bei allen unterirdischen Canalstrecken und Tunnelirungen gewendet, so oft der Boden nicht aus festem Gestein besteht.

Sobald der Thon weniger feucht ist, so zeigt sich schon e sehr starke Reibung zwischen seinen einzelnen Theilchen, d das Einsinken schwerer Körper, obwohl immer viel grösser im Sande, entspricht doch nicht entfernt dem hydrostatischen ucke. Ich stellte mit einem guten Töpferthone in derselben Beobachtungen an, wie mit dem Sande, und zwar wurde dabei der der cylindrische Stab von $3\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser benutzt.

Zuerst setzte ich dem Thone so wenig Wasser zu, dass er mit Mühe geknetet werden konnte und er an einem hinein-stossenen Messer nicht haftete. In diesem Falle drang der b bei einer Beschwerung

von 2 Pfund nur 1 Linie
– 3 – – 3 Linien
– 4 – – 6 Linien ein.

dann setzte ich etwas mehr Wasser hinzu, so dass der Thon weich wurde, wie der Ziegelstreicher die Masse zurichtet und e er in einiger Tiefe unter der Erdoberfläche nicht leicht sich findet; ein eingestossenes Messer wurde stellenweise damit

überzogen. Eine sehr auffallende Abweichung gegen die
dem Sande angestellten Beobachtungen gab sich hierbei ins
zu erkennen, als der Stab sich nicht mehr augenblickli
zu der Tiefe senkte, die dem Gleichgewichte entsprach, so
es verging vielmehr eine Viertelstunde und bei den grös
Belastungen sogar eine halbe Stunde, bevor die Bewegung
hörte. Die Resultate, die ich erhielt, sind folgende. Be
Belastung

von $\frac{1}{2}$ Pfund betrug die Eintauchung 1 Linie
- 1 - - - - $2\frac{1}{3}$ -
- $1\frac{1}{2}$ - - - - $8\frac{1}{2}$ -
- 2 - - - - $13\frac{1}{3}$ -
- $2\frac{1}{2}$ - - - - 19 -
- 3 - - - - 28 -

Das für den Sand beobachtete Gesetz, dass nämlich die Ei
kung der Quadratwurzel aus der Belastung proportional ist,
hier augenscheinlich nicht mehr statt; für die mittleren W
ist die Einsenkung ungefähr der Belastung proportional,
zeigen sich am Anfange und am Ende der Reihe sehr stark
weichungen, und dass dieselben keine Beobachtungsfehler
ergab sich daraus, dass sie bei einer nochmaligen Beobac
sich wieder darstellten; sie scheinen zu zeigen, dass die E
schaft der Flüssigkeit bei grösseren Belastungen im Thone
wiegend wird, während bei kleineren Belastungen die Re
zwischen den Theilchen der Masse das Eindringen mehr verh

Wiewohl diese Untersuchungen zu wenig ausgedehnt
als dass sie ein sicheres Urtheil über die ganze Ersche
begründen könnten, so zeigen sie doch sämmtlich, da
Tragfähigkeit des Bodens unter übrigens gleichen Umst
mit der tieferen Versenkung der tragenden Fläche zunimmt
bestätigen also die Richtigkeit der allgemein angenommene
gel, dass man sowohl im Thon-, wie im Sandboden das
dament um so tiefer legen muss, je grösser das Gewic
darauf ruhenden Gebäudes ist. Es darf aber kaum e
werden, dass für ein Gemenge aus Thon und Sand, od
Lehmboden dieselbe Regel gilt.

Bei Fundirungen in den erwähnten Bodenarten läss
indessen diejenige Tiefe, welche dem Gewichte des Ge

ericht, vielfach nicht darstellen, weil theils die Kosten für Erdarbeiten und Fundamentmauern zu bedeutend ausfallen, aber auch ein so starker Wasserzudrang zu befürchten dass die Arbeit dadurch aufs Neue vertheuert oder wohl gar öglich würde. In diesem Falle bietet sich zunächst das el dar, dass man *die tragende Fläche des Fundaments grössert.* Nach Maassgabe dieser Vergrösserung müssen so mehr Erd- oder Sandtheilchen verdrängt werden und die elt so grosse Fläche kann unter übrigens gleichen Umden auch das doppelte Gewicht tragen. Dazu kommt noch, der Weg, den die einzelnen Erdtheilchen beim Ausweichen ücklegen müssen, durch die Vergrösserung der tragenden che auch verlängert wird, oder die Tragfähigkeit des Funents gewinnt durch die Verbreitung desselben noch mehr; igstens ist dieses bei jedem Boden zu erwarten, dessen Theilm eine merkliche Reibung gegen einander ausüben. Gewisserassen wird der Vortheil eines breiten Fundaments fast jedes- wahrgenommen, indem man die Mauern mit Banketten vert, welche die tragende Fläche vergrössern. Auch manche re künstliche Fundirungsarten bezwecken allein dasselbe, wie liegende Rost und die Sandschüttungen, wovon später die de sein wird.

Demnächst trifft es sich zuweilen, dass die Erdschicht, welche ht die nöthige Festigkeit besitzt, sich nur etwa 10, 20 bis Fuss tief erstreckt und hier auf Felsboden oder doch auf er festeren Schicht lagert. In solchem Falle kann man die st des Gebäudes durch eingerammte Pfähle auf den festen tergrund übertragen und dieses ist der eigentliche Zweck des *ahlrostes.* Perronet, dem wir die wichtigsten Belehrungen er die Grundpfähle und über das Einrammen derselben verken, stellt ausdrücklich die Regel auf, dass die Pfähle imr bis zum Tuff oder Fels herabgetrieben werden müssen.*) bei hat Perronet freilich nur eine gewisse Localität vor Augen habt, wie solche sich in Frankreich oft vorfinden mag; nichts

---

*) *Mémoire sur les pieux et pilotis* in dem grossen Werke *scription des Ponts de Neuilly etc. par Perronet.* Paris 1788. *g.* 588.

desto weniger besagt diese Aeusserung, dass der Pfahlros eigentliche Bedeutung nur erhält, wenn er eine feste Sch der Tiefe erreicht.

Der Pfahlrost wird indessen auch häufig angewendet diese Bedingung nicht stattfindet und der Boden in der gr Tiefe unverändert dieselbe geringe Festigkeit beibehält, oben hat. In diesem Falle erreicht man keinen andern V als denjenigen, welchen die Tieferlegung des Fundaments falls herbeiführen würde; man belastet nämlich eine tiefere des Grundes, oder vielmehr, man vertheilt den Druck sämmtlichen Schichten, welche von den Pfählen durch sind, weil überall, wo die Reibung gegen den Pfahl ist, ein Theil des Druckes übertragen wird. Es ergi hieraus, dass auch diese Anwendung des Pfahlrostes u wissen Umständen ganz angemessen sein kann, man dar nicht unbeachtet lassen, dass der Vortheil dabei zuw geringe ausfällt, dass er die sehr bedeutenden Kosten, dieser Fundirungsart verbunden sind, nicht aufwiegt, u lich ist das Einrammen der Pfähle und das beim Le Rostes erforderliche Wasserschöpfen auch häufig für de höchst nachtheilig und verursacht oft ein so starkes Durc des Wassers, dass die natürliche Festigkeit, welche d Schichten früher wirklich hatten, dadurch vollständig au wird. Inwiefern dieses beim Sande der Fall ist, is früher (§. 7) erwähnt worden, und für Thonschichten, eine geringe Mächtigkeit haben, gilt dasselbe. Man ha len Baugruben ausgehoben, worin wegen des zähen Th Wasserzudrang so unbedeutend war, dass eine Handpu Wasserwältigung genügte; sobald man aber zu rammen so eröffnete sich neben jedem Pfahle ein Quell, und das nahm zuletzt so sehr überhand, dass es selbst durch tigsten Maschinen nicht mehr zu beseitigen war und suchen musste, durch Aenderung der beabsichtigten Fun art die Quellen einigermaassen zu stopfen. Ein Fall d ereignete sich beim Bau der Brücke zu Orleans. Perr diese Brücke weder projectirt hatte, noch auch an der rung unmittelbar betheiligt, sondern nur mit der Abna Baues beauftragt war, beschreibt die Verlegenheiten, w

solche Art veranlasst wurden und die verschiedenen Mittel, die man dagegen in Anwendung zu bringen versuchte. Aehnliche Fälle sind auch sonst vorgekommen, und es ergiebt sich hieraus, dass man keineswegs hoffen darf, überall wo der Grund wenig Festigkeit zeigt, durch Anwendung eines Pfahlrostes alle Schwierigkeiten zu überwinden.

Wenn die Rostpfähle einen festen Untergrund erreichen, oder auch nur den umgebenden losen Boden stark comprimiren, so verhindern sie ein späteres Zusammendrücken des Grundes, oder das vom Pfahlroste getragene Fundament senkt sich nicht merklich unter der Last des darauf gestellten Gebäudes. Anders verhält es sich, wenn auf einem nicht ganz festen Baugrunde nur die Verbreitung des Fundamentes vorgenommen wird. Die Senkung, die alsdann erfolgt, ist gewöhnlich nicht nachtheilig, sobald sie ziemlich gleichmässig am ganzen Gebäude sich zeigt; dagegen wird der Verband in den Mauern und Wänden aufgehoben, wenn ein Theil des Baugrundes sich stärker senkt, als der andere. Man muss daher eine ziemlich gleichmässige Senkung überall darzustellen suchen und deshalb die theilweise Anwendung des Pfahlrostes möglichst vermeiden. Hughes *) erzählt, wie beim Bau einer Wasserleitung einzelne Pfeiler auf Felsen und andere auf losem aufgeschwemmten Boden aufgeführt waren und sämmtlich gut standen; ein Pfeiler aber, der halb auf Erde und halb auf Felsen gegründet war, spaltete plötzlich auf 30 Fuss Höhe. Bei grosser Ausdehnung der Gebäude und wenn der Boden sehr verschiedenartig ist, kann man es zuweilen nicht vermeiden, verschiedene Fundirungsarten zu wählen. Alsdann muss man sich aber schon auf ein ungleichmässiges Setzen gefasst machen, und damit dieses ohne grossen Nachtheil für das Gebäude eintreten kann, so ist es noch am vortheilhaftesten, die einzelnen Theile möglichst wenig unter sich zu verbinden und sie nur stumpf gegen einander aufzuführen.

Der liegende Rost sowohl als der Pfahlrost müssen so tief gesenkt werden, dass sie immer unter Wasser bleiben, weil sie bei abwechselnder Nässe und Trockenheit ihre Festigkeit

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. VI. p. 59.*

verlieren und alsdann nicht mehr den darauf gestellten Bau tragen können. Aus diesem Grunde ist es Regel, die Roste immer unter den tiefsten Wasserstand der daneben befindlichen Gewässer oder unter das tiefste Grundwasser zu legen. Man muss indessen darauf Rücksicht nehmen, dass natürliche oder künstliche Veränderungen im Bette des Baches oder des Flusses möglicher Weise eine noch tiefere Senkung des Wasserspiegels herbeiführen können, als bisher beobachtet worden. Alle Stromregulirungen haben den Erfolg, dass der Abfluss befördert und sonach der Wasserspiegel gesenkt wird, daher geschieht es, dass, wo solche Arbeiten in grossem Maasse betrieben werden, die Roste der Brückenpfeiler und der sonstigen Bauwerke neben dem Strome zuweilen über Wasser treten, wenn sie auch bisher immer davon bedeckt waren.

Zur Darstellung dieser Tiefe für die Roste wird es nöthig, die Baugrube bis unter das Grundwasser auszuheben und so lange vom zudringenden Wasser frei zu halten, bis man den untern Theil des Baues vollendet hat. Dazu kommt noch, dass gewisse Bauten, wie Schleusen, Freiarchen u. A. noch in einer bestimmten Tiefe unter dem kleinsten Wasser fundirt werden müssen; andere Bauwerke dagegen, wie Brückenpfeiler, die in und neben einem tiefen Flusse stehen, würde man in Gefahr bringen, wenn man den Rost für sie nur eben unter das kleinste Wasser legen wollte, derselbe darf sich vielmehr in der Regel nicht über das Flussbette erheben. Aus diesen Gründen muss man häufig bis zu einer grossen Tiefe unter den Wasserspiegel herabgehn und zwar zuweilen in dem Flussbette selbst. Es wird alsdann nöthig, die Baugrube mit wasserdichten Umfassungswänden oder sogenannten Fangedämmen zu umgeben, auch wohl den Boden gegen ein zu heftiges Durchquellen des Wassers zu sichern und das zudringende Wasser herauszuschaffen. Die Schwierigkeiten, die hierbei eintreten, sind häufig sehr gross, und um so unangenehmer, als man selten vorhersehn kann, in welcher Art sie sich zeigen werden. Aus diesem Grunde ist man namentlich in Frankreich seit langer Zeit bemüht gewesen, in solchen Fällen andere Fundirungsarten zu wählen, wobei man diese Wasserwältigung umgeht, die höchst unsicher, kostbar und jedenfalls für den Baugrund nachtheilig ist. Hauptsächlich

hat man zwei Methoden zu diesem Zwecke gewählt, nämlich die Bétonbettung und die Fundirung in Senkkasten oder Caissons. Nach dem ersten Verfahren wird der an sich feste Untergrund durch Baggern und unter freiem Zutritt des Wassers bis zur nöthigen Tiefe ausgehoben, und mit einigen starken Bétonschichten bedeckt, d. h. mit einem Mauerwerk, welches aus Steinstücken und Mörtel besteht und ohne Verband in die Baugrube geschüttet wird. Ist der Béton erhärtet, so sind alle Quellen, die sonst durch den Boden hervorbrechen würden, gestopft, man kann also mit viel leichterer Mühe die Baugrube alsdann trocken legen und hat dadurch noch die beiden höchst wichtigen Vortheile erreicht, dass der Untergrund gegen jede Auflockerung durch die hindurchdringenden Quellen gesichert ist und die Bétonlage schon den untern Theil des Fundaments bildet. Was die Methode der Fundirung in Caissons betrifft, so hat diese weniger allgemeinen Eingang gefunden und wird in neuerer Zeit nicht leicht benutzt; sie beruht aber darauf, dass der Boden geebnet, auch wohl besonders befestigt wird, soviel ohne Wasserschöpfen geschehn kann, und dass man den Rost wasserdicht darstellt und mit wasserdichten Wänden ringsum versieht, so dass letztere die Stelle der Fangedämme vertreten; auf diese Art lässt sich die Fundirung, ohne dass ein starker Wasserzudrang eintritt, wie in einem Schiffe ausführen.

Die Caissons werden auf zwei verschiedene Arten benutzt, nämlich entweder stellt man in ihnen ein zusammenhängendes Fundament unter dem ganzen Bau dar, oder sie dienen nur zur Gründung einzelner Pfeiler, die unter sich durch Erdbogen verbunden werden, und mittelst dieser den Bau tragen. Die erste Methode hat ohne Zweifel den Vorzug, dass der Druck sich auf eine grössere Fläche vertheilt, die Darstellung einzelner Pfeiler statt des zusammenhängenden Fundamentes wiederholt sich aber auch in andern Constructionsarten. Hierher gehört das Gründen auf Senkbrunnen. Dieselben werden eben so ausgeführt, wie §. 8 beschrieben, und sobald sie festere Erdschichten erreicht haben, so werden sie theils mit Steinen gefüllt, theils ausgemauert und durch flache Bogen mit einander verbunden, worauf man die Mauern stellt. Bei Wasserbauten ist diese Methode wohl nicht leicht angewendet, und auch im

Landbau wird sie in neuerer Zeit nur selten benutzt, woh
nähere Beschreibung umgangen werden kann.

Hiermit stimmt indessen ein Verfahren ziemlich nahe
ein, welches gegenwärtig in England Beifall zu finden
und bei manchen wichtigen Brückenbauten in den letzte
ren angewendet worden ist. Es unterscheidet sich von
eben beschriebenen hauptsächlich dadurch, dass eiserne
statt der gemauerten Brunnenkessel benutzt werden.
sollten diese Röhren nur die Pfähle eines Pfahlrostes
doch wurden sie nicht eingerammt, sondern durch de
druck herabgetrieben, woher ihr Erfinder, der Ingénie
sie pneumatische Cylinder nannte. Beim Bau de
zu Chester in der Chester-Holyhead Eisenbahn, wo si
benutzt wurden, bestanden sie aus gusseisernen Röh
1 Fuss Durchmesser und 19 Fuss Länge. Mittelst ei
pelten Luftpumpe wurde die in ihnen befindliche L
verdünnt, und indem sie unten offen, oben aber ge
waren, so drückte die äussere Luft sie in den Grun
Man darf wohl zweifeln, ob diese Röhren auch nur
einen so festen Stand, wie eingerammte Pfähle, annahm
den Druck der Luft plötzlich auf sie wirken zu lass
ihnen dadurch einen Stoss zu geben, der die Reibu
wand, sah man sich bei dieser Brücke auch schon ge
sie während des Versenkens mit einem grossen eiserne
zu verbinden, aus welchem, nachdem die Verbindung
ben war, die Luft ausgepumpt wurde. Setzte man die
sel durch Oeffnen des Hahns plötzlich mit dem inner
eines Pfahles in Verbindung; so entleerte sich letzterer s
dass der plötzliche Ueberdruck der äussern Luft ihn et
ker in Bewegung setzte. Nachdem alle Pfähle gleich
abgedrückt waren, so bedeckte man ihre Köpfe mit gus
Platten, und umging auf diese Art die Anwendung de

Beim Bau der Brücke über den Medway bei Rocheste
eiserne Cylinder von solcher Weite benutzt, dass im In
selben der Grund, den sie durchdringen sollten, ausgegrab
konnte. Die hier gewählte Anordnung unterscheidet sic
bei Chester angewendeten insofern, als die Luft nicht

Cylinder ausgepumpt, vielmehr wie in einer Taucherglocke darin so stark comprimirt wurde, dass sie das Wasser herausdrängte. Die erwähnte Brücke hat drei Oeffnungen, die durch gusseiserne Bogen überspannt sind. Die mittlere Oeffnung ist 170, die beiden Seitenöffnungen sind 140 Fuss weit: eine vierte kleinere Oeffnung wird durch eine Drehbrücke geschlossen. Die massiven Mittelpfeiler werden jedesmal von vierzehn gusseisernen Cylindern getragen, die 7 Fuss im Durchmesser halten und in zwei Reihen stehn. Der Abstand der beiden Reihen beträgt 10 Fuss und die Cylinder sind in den einzelnen Reihen 9 Fuss von einander entfernt. Unter den Landpfeilern findet eine ähnliche Vertheilung statt, die Cylinder sind hier aber schwächer, und halten nur 6 Fuss im Durchmesser.

Die einzelnen gusseisernen Röhren, woraus diese Cylinder bestehn, sind 9 Fuss lang, und gemeinhin sind zwei, zuweilen auch drei derselben zusammengesetzt, um diejenige Länge darzustellen, die zur Erreichung des festen Grundes nöthig ist. Am Fusse jedes Cylinders sind in gleicher Weise, wie bei Bohrröhren, Schneiden angebracht, die nach aussen gekehrt sind. Während des Versenkens befestigt man an das obere Ende jedes Cylinders einen eisernen Kasten, dessen Zweck und Anordnung ganz genau mit der von Triger zum Abteufen des Schachtes an der Charente benutzten Luftschleuse übereinstimmt (§. 8). Zwei kreisförmige Oeffnungen von 2 Fuss Durchmesser befanden sich am obern und untern Boden dieses Kastens über einander, und dienten zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter, so wie auch zum Herausschaffen des gelösten Materials. Zu dem letzten Zwecke war über jeder derselben noch ein leichter Krahn angebracht. Eine doppelte Druckpumpe mit Cylindern von 12 Zoll Weite und von 18 Zoll Hubhöhe wurde dauernd durch eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften in Bewegung gesetzt, und das Grundwasser wurde anfangs durch den Luftdruck hinreichend zurückgehalten, während es später durch eine heberförmige Röhre ausfloss. Zur Ueberwindung des Luftdruckes, der den Cylinder aufwärts trieb, so wie der Reibung, brachte man mittelst grosser belasteter Hebel einen starken Druck auf den Cylinder an, indem die bereits versenkten Cylinder in der Nähe feste Stützpunkte bildeten. Die Ausgrabungen wurden stets bis unter die Röhre fortgesetzt, und zuweilen

sogar 14 Zoll tief: das Einsinken geschah aber nicht allmälig, sondern stossweise und oft mit grosser Heftigkeit.

Es ist unbekannt, ob die Cylinder, nachdem sie versenkt waren, leer gelassen, oder gefüllt wurden. In andern Fällen füllt man aber dergleichen eiserne Kasten mit Béton an, was vielleicht auch hier geschah. Hughs spricht bei Beschreibung dieser Fundirungsart *) die Vermuthung aus, dass dieselbe im Wasserbau vielfache Anwendung finden werde.

Endlich ist noch die Methode zur erwähnen, wonach man leichte Bauten auf Eisenstangen stellt, die in der Nähe der untern Enden mit Schrauben versehn sind. Diese Stangen werden nach ihrem Erfinder Schraubenpfähle von Mitchell genannt: sie bestehn aus gewalztem Eisen, halten etwa 4 Quadratzoll im Querschnitt, die daran befestigten Schrauben, die nur eine oder zwei Windungen haben, messen bei einer Steigung von etwa 6 Zoll, 2 Fuss im Durchmesser. Sie bestehn aus Gusseisen. Ein solcher Pfahl wird in den Grund eingeschroben, indem die grosse Fläche der Schraube ihm bedeutende Tragfähigkeit giebt. Vorzugsweise findet diese Fundirungsart Anwendung auf einem losen Sandgrunde, der vom Wellenschlage getroffen wird. Wollte man daselbst gewöhnliche Mauern aufführen, so würde eine sehr starke Vertiefung in der Nähe die unvermeidliche Folge sein, wodurch der ganze Bau in Gefahr käme. Die dünnen Eisenstangen, die aus dem Sande herausragen, bieten aber der Wellenbewegung keinen Widerstand und verursachen daher auch keine Veränderung in der Sandablagerung. Die Leuchtthürme zu Fleetwood, Belfast, Maplin und Chapman-Sand stehn auf solchen Pfählen, so wie auch die Landebrücken bei Portland und Courtown in der Grafschaft Wexford. Selbst beim Bau einiger leichten Viaducte über Eisenbahnen hat man von dieser Methode Gebrauch gemacht.

Ferner hat man auch zuweilen Fundirungen unter Wasser ausgeführt, und zwar entweder, indem alle Theile sorgfältig vorbereitet und alsdann so versenkt wurden, dass sie leicht in die gehörige Verbindung gebracht werden konnten, oder die Arbeiter stiegen in der Taucherglocke herab und konnten darin jede Verrichtung vornehmen, Alles genau untersuchen und überhaupt

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1851. *pag.* 286.

nahe mit derselben Sicherheit arbeiten, als wenn sie über Wasser beschäftigt wären. Die Beschreibung dieser letzten Methode wird ihre passendere Stelle finden, wenn von der Aufräumung der Fahrwasser die Rede ist, wobei die Taucherglocke am häufigsten angewendet wird.

Um in jedem vorkommenden Falle unter den verschiedenen Fundirungsarten die passendste zu wählen, ist vor Allem eine genaue Kenntniss des Grundes erforderlich. Man kann sich hierüber schon durch Untersuchung der in der Nähe stehenden Gebäude einigermaassen ein Urtheil bilden, doch ist dieses immer trüglich, indem leicht eine wesentliche Verschiedenheit in der Festigkeit des Bodens an beiden Stellen stattfinden kann, welche sich aus der blossen Betrachtung der Oberfläche noch nicht zu erkennen giebt. Es zeigen sich solche Unterschiede selbst bei sehr tiefen Sandablagerungen, wie z. B. in dem Boden, worauf Berlin gebaut ist. Diejenigen Stellen, welche ehemals Stromarme oder auch kleinere Wasserzüge bildeten, haben eine weit geringere Festigkeit, als die unmittelbar daneben liegenden, woher in neugebauten Strassen zuweilen unter einzelnen Gebäuden die Fundamente weichen und die Häuser den Einsturz drohen, während die benachbarten und unmittelbar anstossenden Häuser bei derselben Fundirungsart keine Senkung zeigen. Beim Thon- und Lehmboden kann eine solche Verschiedenheit durch die Quellen erzeugt werden, und selbst bei manchen Felsarten ist sie denkbar, woher es immer das sicherste Verfahren und bei wichtigeren Bauten eine nothwendige Vorsichtsmaassregel ist, den Grund unmittelbar auf der Baustelle zu untersuchen. Es mag hier bemerkt werden, wie der berühmte Telford in dieser Beziehung die grösste Gewissenhaftigkeit theils selbst beobachtete und theils auch eine solche von seinen Untergebenen verlangte; er beklagte sich auch mehrmals sehr bitter darüber, wenn er fand, dass die Bauaufseher nicht die möglichste Sorgfalt auf die Untersuchung des Grundes verwendeten. *)

In welcher Art die **Untersuchung des Baugrundes** geschieht, ist im zweiten Abschnitte ausführlich auseinandergesetzt:

---

*) *Theory, Practice and architecture of bridges.* London 1839. Heft IV. S. 33.

das Abteufen der Schachte, das Aufgraben von Brunnen und vor Allem das Herabtreiben enger Bohrlöcher, wie zur Darstellung Artesischer Brunnen, lehrt die Beschaffenheit des Grundes sehr genau kennen, indem man dadurch aus grosser Tiefe Proben von der Erdart oder dem Gesteine herausbringen kann. Man wird indessen, wenn man diese Untersuchung nur in Betreff der Tragfähigkeit des Bodens vornimmt, nicht bis zu sehr grossen Tiefen herabgehn, und in der That hat man zu diesem Zwecke die Bohrung nicht leicht tiefer, als etwa bis auf 50 Fuss getrieben, und selbst dieses nur in besonders wichtigen und bedenklichen Fällen, wie z. B. bei der Brücke zu Moulins über den Allier. Wie sicher diese Mittel indessen zur genauen Untersuchung der Erd- und Gesteinarten auch sein mögen, so lassen sie doch oft noch Zweifel über die Dichtigkeit der Ablagerung. Es ist schon früher (§. 7) erwähnt worden, dass festgelagerter Sand, sobald Wasseradern von unten nach oben ihn durchziehn, seine Festigkeit verliert und sich in Triebsand verwandelt; will man also durch unmittelbares Aufgraben den Baugrund untersuchen und geht man dabei bis unter das Grundwasser herab, so dass ein kräftiges Wasserschöpfen nöthig wird, wobei die Zuflüsse von unten besonders stark werden, so verwandelt sich sogleich der festeste Sand in Triebsand, man würde aber sehr irren, wenn man annehmen wollte, dass dieser schon ursprünglich daselbst gelegen hätte, er wird vielmehr durch das Wasserschöpfen gebildet und ebenso lockert sich auch beim Bohren der Sand stark auf. Die thonhaltigen Erdarten werden nicht so schnell vom Wasser durchdrungen, woher die mit dem Bohrer herausgebrachten Proben derselben weit sicherer auf die Festigkeit der Schichten schliessen lassen.

Um über die Ablagerung des Sandes ein sicheres Urtheil zu erhalten, muss man das Wasserschöpfen ganz vermeiden und dagegen prüfen, ob der Bohrer leicht oder nur mit Mühe eindringt. Gemeinhin pflegt man sich aber durch das Eintreiben einer eisernen Stange oder des Sondireisens hierüber unmittelbar Kenntniss zu verschaffen. Diese Stange ist, jenachdem sie tiefer oder weniger tief eingestossen werden soll, 1 bis 1¼ Zoll stark, unten zugespitzt und oben mit einem breiten Knopfe versehn, damit sie bequem eingerammt werden kann; unter diesem Knopfe hat sie gewöhnlich einen Bügel, der beim Rammen zurückgelegt wird, woran

sie aber nachher herauszieht. Zuweilen setzt man sie aus
lnen Gliedern, wie das Bohr-Gestänge zusammen, jedoch ist
m dafür zu sorgen, dass die Bundringe nicht zu weit vor-
, weil dadurch das Einrammen sehr erschwert würde. End-
ersieht man sie noch zuweilen mit einer oder mehreren Seiten-
gen, die sich mit dem umgebenden Material anfüllen, sobald
die Stange dreht; in solcher Art kann man mittelst dieses
ats auf einmal und durch einen einzigen Versuch Erdproben
erschiedenen Tiefen heraufbringen und zugleich durch das
re oder schwerere Eindringen der Stange ein ziemlich sicheres
l über die Festigkeit der Ablagerung gewinnen. Der Haupt-
dieses Instruments bleibt indessen die Untersuchung der
keit des Bodens, denn die übrigen geognostischen Verhält-
wird man auf diese Art doch nur oberflächlich oder gar
erkennen, indem die in der Stange angebrachten Oeffnungen
icht regelmässig anfüllen.

Endlich muss noch erwähnt werden, dass der Druck, dem
ndament ausgesetzt ist, nicht immer senkrecht wirkt, wie bei
unmittelbaren und gleichmässigen Belastung der Fall sein
. Namentlich bildet sich ein starker horizontaler Druck,
das darauf ruhende Mauerwerk das Widerlager eines Ge-
ist, oder wenn es eine Erdschüttung, die sich dagegen lehnt,
soll. Die Mittelkraft, welche sich aus diesem horizontalen
em senkrechten Drucke zusammen setzt, muss möglichst in
itte des Fundaments oder doch wenigstens in die Basis
en treffen, ohne sich dem Rande zu nähern, weil sonst
der Widerstand auf der einen Seite nicht genügen möchte,
ie Drehung zu verhindern. Wird das Fundament in diesem
noch horizontal gehalten, so kann möglicher Weise und
tlich, so lange der Mörtel noch nicht erhärtet ist, ein Ver-
ben zwischen den einzelnen Schichten oder auf dem Roste
n. Wenn diese Gefahr auch nicht gross ist und vielleicht
hr selten eintritt, so hat es andererseits auch keine Schwie-
, die Fundirung so anzuordnen, dass sie dem jedesmaligen
e, mag er vertical oder schräge gerichtet sein, den kräftig-
Widerstand entgegensetzt. In England verfolgt man dieses
p mit grosser Consequenz, indem man die Schichten des
ments normal gegen die Richtung des Druckes legt: man

begegnet dadurch vollständig der angedeuteten Gefahr. Besonders ist dieser Umstand bei Anwendung eines Pfahlrostes von Wichtigkeit, und manche Unfälle an massiven Brücken wurden, wie es scheint, nur dadurch veranlasst, dass die Pfähle, deren oberer Theil in losem Boden steckte und die sonach einem horizontalen Drucke wenig Widerstand entgegensetzen konnten, durch solchen wirklich verschoben oder gebogen wurden. Bei den neuern Bauten in England wird durch die schräge Stellung der Pfähle jeder Besorgniss dieser Art vorgebeugt, und wenn es sich auch nicht leugnen lässt, dass die Arbeit beim Rammen, sowie beim Legen des Rostes und beim Zuhauen und Versetzen der Steine oder beim Vermauern der Ziegel etwas erschwert wird, sobald nicht mehr das Loth und die gewöhnliche Setzwaage unmittelbar angewendet werden dürfen, sondern gewisse schräge Neigungen darzustellen sind, so ist diese Rücksicht doch so unwesentlich, dass sie unmöglich die Annahme einer solideren Construction verhindern kann. Hierbei tritt aber auch noch eine Ersparung an Material ein, weil alle Verbandstücke und Bausteine so angewendet werden, dass sie dem jedesmaligen Drucke den stärksten Widerstand entgegensetzen, und man darf daher nicht mehr den Ausfall an Festigkeit, welchen der schräge Druck bewirkt, durch grössere Massen und durch Vermehrung der Unterstützungspunkte decken.

§. 33.

Fundirung auf festem Boden.

Wenn ein Gebäude auf Felsboden ausgeführt werden soll, so ist es, wie bereits erwähnt worden, noch vortheilhaft, so weit unter die Oberfläche herabzugehn, als die Einwirkung des Frostes und der Nässe sich erstreckt. Im Uebrigen hat man gewöhnlich kein Einsinken des Fundaments zu befürchten und kann daher mit voller Sicherheit die schwersten Gebäude aufführen. Dennoch trifft es sich zuweilen, dass der Felsboden nicht die Festigkeit und Tragfähigkeit hat, die man im Allgemeinen voraussetzen darf. Hieher gehört zunächst der Fall, dass mancher Boden einer starken Verwitterung unterworfen ist und daher Gebäude, welche ohnfern eines steilen Abhanges aufgeführt werden, mit der Zeit in

...hr gerathen. Es zeigt sich dieses nicht selten bei den Ruinen ... Burgen in Gebirgsgegenden. Unter dem Wasser pflegt das ...ein sich im Allgemeinen viel besser zu halten, als wenn es ...echselnd der Nässe und Trockenheit ausgesetzt ist, nichts ...o weniger kann eine starke Strömung oder auch der Wellen-...ag einen Felsen gleichfalls angreifen und nach und nach ...eile desselben lösen, so dass das Ufer zurückweicht. Diese ...kungen sind freilich gemeinhin sehr langsam, aber dennoch ...erkennbar; die Flussbetten in Gebirgsgegenden zeigen vielfach ...che Einbrüche, woselbst das Ufer sich ganz steil erhebt, wäh-...d gegenüber auf der convexen Seite eine flache Verlandung ... gebildet hat, die ursprünglich hier nicht existiren konnte. ...nso zeigen auch felsige Meeresufer die deutlichsten Spuren ... dauernden Abbruches und derselbe giebt sich im Laufe der ...t noch durch das Zurückweichen der Küste zu erkennen, wie ... dieses z. B. längs der französischen und englischen Küste ... Kanale bemerkt.

Demnächst ist der Felsboden zuweilen auch nicht sicher ...erstützt. Gewöhnlich sind die tieferen Formationsschichten die ...eren, und im Allgemeinen darf man daher, sobald der Fels-...en erreicht ist, nicht mehr besorgen, dass derselbe bei starker ...astung die darunter befindlichen Schichten noch zerbrechen ...r eindrücken möchte; nichts desto weniger tritt dieses Bedenken ...h zuweilen ein. So ist schon erwähnt worden, dass man bei ... Durchstiche bei Blisworth auf der London-Birmingham Eisen-...n eine jüngere Kalksteinformation antraf, die auf Thonschichten ..., von denen die obern sehr stark mit Quellen durchzogen waren ... keine Festigkeit hatten. Man wird also, wann die geogno-...chen Verhältnisse einige Zweifel begründen, die Bohrungen ...h in den Felsen hinein fortsetzen müssen, um sich zu über-...gen, dass derselbe eine gehörig sichere Unterstützung bietet ... die nöthige Mächtigkeit besitzt.

Es kann aber geschehn, dass die Felsmasse, die man antrifft ... für gewachsenen Felsen hält, nur aus einem losen Ge-...hiebe besteht, welches durch starke Fluthen oder auf andre ... herbeigeführt wurde; besonders ist dieser Fall bei Fundirungen ...er Wasser denkbar, wo eine genaue Untersuchung des Bodens

gemeinhin sehr beschwerlich und oft unmöglich wird. E
spiel hiervon beschreibt Vicat bei Gelegenheit des im Jahr
und 1823 ausgeführten Baues der Brücke zu Souillac ü
Dordogne. *) Der Grund, worauf der erste Pfeiler am
Ufer fundirt wurde, zeigte in dem untern Drittel von der
des Pfeilers eine ganz ebene und horizontale Oberfläche de
felsens, im Uebrigen bemerkte man nur einige scharf zu
Felsspitzen und sehr tiefe Spalten, die mit Kies und Ste
angefüllt waren. Man versuchte daselbst Pfähle einzur
doch trafen diese aber bald auf stark geneigte Felsfläch
nahmen alsdann eine schräge Stellung an, oder krümmt
und zerbrachen die Rüstungen, womit man sie lothrecht
wollte. Auf diese Art war das Rammen gefährlich und
unmöglich. Ein Taucher liess sich durch einige Felsblöc
er vorfand, täuschen und sagte aus, dass er den gewa
Felsen an mehreren Stellen vortreten sähe. Das Son
widerlegte nicht diese Behauptung, und da die Jahresz
vorgerückt war und zu genauen Untersuchungen keine Zei
so musste man sich rasch entschliessen. Man nahm a
dass der Kies sich weder comprimiren, noch ausweichen
und versenkte ohne Weiteres den Béton. Nachdem dieser
war, brachte man im folgenden Jahre die Probelastung a
zwar ruhte dieselbe auf einer starken hölzernen Rüstung
dieser Belastung waren etwa zwei Drittheile aufgepackt,
bemerkte, dass die Oberfläche des hölzernen Bodens, die
horizontal gewesen war, stromaufwärts sich um nahe ein
gesenkt und stromabwärts um $1\frac{1}{2}$ Linien gehoben hatte
beiden Messungen waren etwa in einem Abstande von
von einander angestellt. Man untersuchte sogleich mit d
lichsten Aufmerksamkeit alle Fugen in dem Mauerwe
Probebelastung, die man zu diesem Zwecke von aussen mi
verstrichen hatte, und es zeigte sich auch nicht der klein
Sonach blieb kein Zweifel, dass der ganze Bétonkörp
stromaufwärts neigte und ohne zu brechen um eine Que
der Nähe des Hinterkopfes des Pfeilers sich drehte. Die

*) *Nouvelle Collection de dessins relatifs à l'Art de l'I*
de 1821—1825. *I. Partie.*

pf selbst, der sich gehoben hatte, musste augenscheinlich
Unterstützung verloren haben und konnte nur durch die
äsion des Mörtels noch schwebend erhalten werden. Der Béton
damals erst vor 10 Monaten versenkt worden und die Probe-
stung betrug 3¾ Millionen Pfund. Die Belastung wurde nun
möglichster Schnelligkeit vervollständigt und bis auf 5½ Mil-
en Pfund gebracht. Plötzlich brach mit heftigen Krachen der
16 Fuss starke Bétonkörper nahe auf ein Drittel seiner
ge auseinander; der kleinere, stromabwärts gelegene Theil
selben senkte sich wieder und behielt im Ganzen nur eine
gung von 3½ Linien, während der andere grössere Theil sich
en dem Bruche um 6½ Linien senkte und am Vorkopfe um
e 6 Zoll noch tiefer war. Während der nächsten 8 Monate
te sich nicht mehr eine fernere Senkung und nach der Quere
Pfeilers hatte sich gar kein ungleichmässiges Setzen zu er-
nen gegeben. Man erweiterte nunmehr die Bruchfuge im Béton,
dass sie gefüllt werden konnte, verankerte die untersten Stein-
ichten des Pfeilers mit einander, sicherte den Fuss des Fun-
nents durch eine starke Steinschüttung und verminderte endlich,
iel es möglich war, hier die Belastung, indem man in der
ermaurung des Pfeilers eine cylindrische Oeffnung anbrachte.
e weitere Bewegung trat bei der Fortsetzung des Baues nicht
, die erwähnten Erscheinungen liessen aber keinen Zweifel
über, dass man den Pfeiler nicht auf gewachsenen Felsboden,
dern auf einen getrennten losen Block gestellt habe.

Der gewachsene Felsboden verliert zuweilen durch berg-
nnische Arbeiten seine natürliche Festigkeit, namentlich
Gegenden, wo Steinkohlen gewonnen werden, weil dabei die
ssten Massen gefördert werden und Erdstürzungen sich daher
häufigsten wiederholen. Man pflegt zwar bei der Anlage von
bäuden solche Stellen zu vermeiden, doch bemerkt man in
usseen nicht selten die Senkungen, die durch solche Erdfälle
standen sind. Als die Brücke gebaut wurde, welche die
enbahn von New-Castle nach Noth Shields über ein weites
al führt, entdeckte man in dem Boden unter den Pfeilern die
len Räume, welche nach der Ausbeutung der Kohlenflötze ge-
eben waren, und ehe man die grosse Last der Brücke darauf
stellen wagte, wurden die Höhlungen mit Bruchsteinmauerwerk

wieder ausgefüllt.*) Auch in Paris, wo die Gypslager sich oft in grosser Tiefe unter dem Boden hinziehn, und in früherer Zeit, ehe die Stadt noch ihre gegenwärtige Ausdehnung erhalten hatte, gebrochen wurden, findet man zuweilen bei tiefen Fundirungen die hohen und weiten Gallerien, die schwach gestützt, der Besorgniss Raum geben, dass sie ganz unvermuthet einbrechen möchten. Namentlich waren diese leeren Räume bei der Anlage des Canals St. Martin und der dazu gehörigen Werke höchst bedenklich und liessen besonders einen sehr starken Wasserverlust befürchten. Man sah sich gezwungen, die Gallerien auszufüllen, und mit einem starken und wasserdichten Mauerwerke zu bedecken.

Es kann sich auch ereignen, dass andre künstliche Anlagen auf die Festigkeit des natürlichen Steines Einfluss üben, so glaubt man, dass die in neuerer Zeit an der Brücke zu Tours eingetretene Senkung zweier Pfeiler durch die vielen in der Nähe ausgeführten Artesischen Brunnen veranlasst worden. Es befindet sich nämlich in der Tiefe von 360 Fuss unter dem Wasserspiegel der Loire eine besonders ergiebige Schicht, deren Quellen bis 50 Fuss über den Sommerwasserstand des Stromes sich erheben. Diese hat man durch vielfache Bohrlöcher aufgeschlossen, aber häufig die Quellen mit so wenig Vorsicht eingefasst, dass sie nur zum Theil an der Oberfläche erscheinen und eine grosse Wassermenge sich in den Kalkmergel ergiesst, worauf die Brückenpfeiler stehn. Die Brücke ist 1766 bis 1769 erbaut worden, und wenn sich auch schon sogleich einzelne Pfeiler senkten und einige Bogen einstürzten, so zeigte sie nach der Wiederherstellung, die 1810 beendigt wurde, doch keine Spur einer Gefahr, bis man 1835 die erwähnten Senkungen bemerkte. Die Fundamente wurden in der Art untersucht, dass man die Pfeiler von oben bis unten durchbohrte, und es ergab sich, dass unter dem Roste leere Räume von 1,2 und sogar von nahe 3 Fuss Höhe sich vorfanden. Beaudemoulin**), der diese Thatsachen beschreibt, meint, dass Beschädigungen, die sich nach mehr als 60 Jahren ereigneten, durch besondere spätere Ursachen herbeigeführt sein müssten, und als

*) *Theory, practice and architecture of bridges.*

**) *Sur les divers mouvements du pont de Tours. Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II. p.* 86 ff.

ne betrachtet er die Artesischen Brunnen in der Nachbarschaft, kurze Zeit vorher in Ausführung gebracht waren. Es lässt hiergegen freilich einwenden, dass auch sonstige Ursachen allmälige Ausspühlung des Grundes zwischen dem Pfeiler dem Felsen verursacht haben mögen und die Wirkung davon nicht früher zu erkennen geben konnte, als bis der leere m eine gewisse Ausdehnung erreicht hatte; nichts desto weniger n man die von Beaudemoulin gegebene Erklärung auch nicht z zurückweisen, da unter gewissen Umständen auch die Quellen änderungen erfahren können, wodurch nachtheilige Wirkungen anlasst werden.

Endlich ist bei Gelegenheit des Felsgrundes noch zu erwähnen, s derselbe, ganz abgesehn von den vulkanischen Einwirkungen, h durch andere Kräfte in Bewegung gesetzt werden kann. ser Fall tritt besonders in den geschichteten Gebirgen ein, wo Wasser bei einer geneigten Lage der Schichten leicht die gen durchdringt und häufig durch Absetzen von Thontheilchen in eine förmliche Schmiere bildet, wodurch die Bewegung um mehr erleichtert wird. Eines der wichtigsten Beispiele dieser ist der am 2. Septbr. 1806 nach lange anhaltendem Regen lgte Einsturz einer Kuppe des Rossberges, östlich vom Zugersee, bei einzelne Felsblöcke von mehreren tausend Cubikfuss Inhalt e halbe Meile weit und darüber fortgeschleudert und drei Dörfer schüttet wurden. Es kommt indessen nicht leicht vor, dass ssere Felsmassen sich auf diese Art von selbst lösen; gemeinhin d es künstliche Anlagen, welche ein solches Ereigniss herbeiren. Dieses kann entweder durch eine besonders starke Betung der zunächst am Abhange befindlichen Schichten geschehn, d noch häufiger, indem man durch tiefe Einschnitte die schrägen hichten an ihrem Fusse löst und ihnen die natürliche Untertzung raubt. Das Wasser, welches bisher vielleicht nur die ge füllte, ohne sie zu durchfliessen, weil der untere Ausgang schlossen war, dringt nunmehr lebhaft hindurch: es verstärkt nen Angriff auf das Gestein und der auf einer solchen Fuge hende Theil stürzt oft erst nach Jahren mit den Bäumen und lem, was sonst darauf befindlich ist, herab. Besonders kommt ser Fall im Thonschiefer nicht selten vor und man muss daher i Bauausführungen in und auf demselben die Neigung der

Schichten und die Sicherung ihres Fusses aufmerksam in Betracht ziehn.

Wenn keine Besorgniss in Bezug auf die sichere Lage des Felsbodens besteht, worauf man den Bau stellen will, so wird zunächst die Oberfläche geebnet und zwar gewöhnlich horizontal ausgebrochen, wenigstens muss dieses immer geschehn, wenn nur ein verticaler Druck stattfinden kann; im entgegengesetzten Falle würde es sich auch hier rechtfertigen, die tragende Fläche normal gegen die Richtung des Druckes zu neigen, doch ist dieses gemeinhin nicht nöthig, indem bei weit gespannten Bogenbrücken, wo der stärkste horizontale Druck sich bildet, die felsigen Ufer gewöhnlich so hoch sind, um demselben kräftig entgegenzuwirken, und es kommt daher nur darauf an, das Fundament auch rückwärts gegen eine gehörig feste Felswand zu lehnen. Dabei ist es aber nicht nothwendig, dass das ganze Fundament des Pfeilers auf derselben horizontalen Ebene aufsteht, vielmehr kann man ohne Nachtheil eine Abtreppung vornehmen und den Bau auf mehreren einzelnen, aber horizontalen, Fundamenten ruhen lassen, die stufenweise hinter einander liegen und durch senkrechte Flächen verbunden sind. Diese Anordnung hat Telford beinahe jedesmal auf Felsboden gewählt und sie auch da angewendet, wo das Gestein an einzelnen Stellen eine geringere Festigkeit zeigte oder etwas tiefer lag, in welchem Falle sogleich das Fundament auf eine entsprechende Tiefe gesenkt wurde; anderntheils haben zuweilen diese verschiedenen Stufen auch eine sehr grosse Höhe erhalten, so hebt sich z. B. das felsige Ufer am Birkwood-Burn bei Lismahago, wo Telford die massive Brücke in der Strasse von Glasgow nach Carlisle baute, auf der südlichen Seite so steil, dass die Fundamente der Flügelmauern treppenförmig in tiefen Absätzen unter einander liegen, von denen der eine, wie Fig. 135 zeigt, sogar 30 Fuss misst. *) Eine solche Anordnung lässt sich nur da rechtfertigen, wo das Gestein so fest und auf solche Art geschichtet ist, dass eine Bewegung desselben unmöglich wird, die einzelnen Theile des Fundaments müssen aber durch senkrechte Wände von einander getrennt werden, denn schräge Flächen, wenn sie auch einer solideren Unterstützung des dahinter-

*) *Life of Telford.* Taf. 54.

nden Gesteines entsprechen sollten, darf man bei senkrechtem
cke nicht anbringen, weil dabei ein Herabgleiten der Funda-
te zu befürchten wäre. Endlich ist noch darauf aufmerksam
machen, dass der eigentliche Widerlagspfeiler in diesem Bei-
le nicht in verschiedener Höhe fundirt ist, sondern sein Fun-
ent, welches 8 Fuss Breite hat, vollständig in dem tiefsten
schnitte liegt; die Stärke dieses Pfeilers beträgt aber am An-
ge des Bogens nur 5 Fuss und sonach beziehn sich die Ab-
pungen nicht auf ihn selbst, sondern nur auf die beiden Flügel-
uern, welche in der Verlängerung der Stirnmauern der Brücke
gen. Diese Rücksicht war auch nothwendig, insofern das un-
meidliche Setzen des Mauerwerks die Brücke selbst in Gefahr
ngen konnte, während dieses bei der getroffenen Anordnung
in den Flügelmauern Risse erzeugt, die weniger nachthei-
sind.

Zuweilen hat Telford die Fundamente wenig in den Fels-
len eingeschnitten, wie z. B. für die Docke zu Dundee, die auf
Rücken einer Klippe erbaut ist und wobei die schwachen
reppungen zu beiden Seiten nur die Unebenheiten in der
rfläche ausgleichen. Es ist bei einem Bau von dieser Aus-
nung und Lage, und besonders wenn der Fels auch in den
rn Schichten eine gehörige Festigkeit zeigt, nicht zu besorgen,
s die Witterung noch einigen Einfluss darauf behalten möchte,
sonach verliert der oben angeführte Grund für eine tiefe
dirung in diesem Falle seine Bedeutung. Ein eigenthümliches
schneiden des Fundaments kommt, wie Fig. 136 *a* zeigt, noch
der Maidenhead-Brücke auf der Great-Western Eisenbahn vor,
das Fundament mit förmlichen Zahnschnitten in den Kalkfelsen
greift, um die flachen Bogen von 128 Fuss Spannung gegen
Ausweichen zu sichern. Fig. 136 *b* ist die Seitenansicht des
npfeilers dieser Brücke. *)

Andre Gebäude, welche verhältnissmässig auf einer sehr
nen Basis stehn und dabei dem stärksten Wellenschlage aus-
etzt sind, wie diejenigen Leuchtthürme, die man auf Klippen
dem Meere erbaut hat, werden zuweilen noch mit dem Felsgrund
bunden, indem einzelne Steine der untern Schicht in denselben

---

*) *Public works of great Britain.* Taf. 57 u. 58.

eingreifen. Dieses ist z. B. bei dem Leuchtthurme auf Be
der Fall. Als man nämlich die Oberfläche der Klippe,
einem festen Sandsteine bestand, zur Aufnahme des Fun
geebnet hatte, zeigten sich darin noch mehrere Vertiefung
minder feste Stellen; diese wurden regelmässig ausgehau
16 grosse Granitquadern darin in Mörtel versetzt. Auf
Art bildete sich die erste unvollständige Schicht, die mitt
nerner Dübel ebenso gegen die nächste Schicht befestigt
wie dieses zwischen allen folgenden geschah.

Endlich wäre hier noch zu erwähnen, dass es in manche
vortheilhaft sein kann, wie auch Sganzin empfiehlt, eine
schon glatte Oberfläche des Felsens absichtlich uneben u
zu machen, damit der Mörtel darauf gehörig haftet und
Stande ist, gleich die erste Steinschicht in ein Mörtelbett
setzen. Da jedoch in vielen Fällen der Mörtel mit de
nicht hinreichend bindet, so möchte es noch passender s
dünne Bétonlage, die sich sehr genau an alle Une
der Oberfläche anschliesst, zuerst auszubreiten und dar
Mauerwerk aufzuführen. Wenn die Fundirung aber i
Tiefe unter dem Grundwasser vorgenommen werden soll
Gestein klüftig ist, wie namentlich beim weichen Kalkstei
vorkommt, der oft in jeder Richtung mit weiten Spalte
durchzogen ist, so pflegt der Wasserzudrang so stark z
dass alle Versuche zur Trockenlegung der Baustelle mis
Alsdann wird die Aufbringung von starken Bétonlagen n
und nachdem selbige erhärtet sind, gelingt es erst, da
zu gewältigen und das Mauerwerk darzustellen.

Der feste Baugrund beschränkt sich indessen k
allein auf den gewachsenen Felsboden, sondern au
schwemmter Boden, wie Kies, Sand, Lehm und reiner T
häufig im Stande, selbst die schwersten Gebäude sicher
Die oben erwähnten Rücksichten zur Vermeidung des E
der Nässe und des Frostes wird man bei diesen Bodenart
in viel höherem Grade wahrnehmen müssen, um den U
vor Quellen möglichst zu schützen, sowie man auch
muss, dass nicht etwa der Angriff des Wassers von
den Bau in Gefahr bringt und unterwäscht. Eine gena
suchung des Grundes darf man aber in diesen Fällen

ufgeschwemmtem Boden bei wichtigen Bauausführungen
ssen, um vorher schon auf alle eintretenden Ereig-
glichst gefasst zu sein.
reine Kies, so wie jedes gröbere Steingerölle ist bei
Strömungen niedergeschlagen, woher es so sicher lagert,
dabei eine so lose Schüttung, ähnlich dem Triebsande,
efürchten darf; man muss sich aber davon überzeugen,
Kies nicht etwa auf andern lockern Schichten ruht und
starken Belastung vielleicht selbst in diese versinkt.
e solche Besorgniss nicht statt und hat der Kies viel-
Mächtigkeit von 10 bis 20 Fuss, so kann man leich-
schwerere Gebäude mit aller Sicherheit darauf stellen,
man ein merkliches Nachgeben des Bodens befürchten
gewährt überdies den Vortheil, dass er auch in der
Baugrube schon eine hinreichende Festigkeit hat und
amentsteine ihre Lage unverändert beibehalten. Ein
ebelstand ist dabei der starke Wasserzudrang, der sich
einstellt, wie man unter den Wasserspiegel der neben-
Flüsse oder unter das Grundwasser herabgeht. Man
ch hierbei nicht eine solche Auflockerung des Bodens,
em feinen Sande, befürchten, aber es giebt sich doch
tendem Ausschöpfen der Baugrube zu erkennen, dass
erzudrang an Stärke zunimmt, und sonach scheint es,
Quellen doch einige Auflockerung veranlassen, oder
s die Fugen stärker öffnen. In Fällen dieser Art, oder
aupt im Kiesboden eine tiefe Fundirung vorgenommen
oll, findet daher die Versenkung einer Bétonlage wieder
end ihre Anwendung.
elchen Fällen der reine Sand einen festen Baugrund
t schon früher angedeutet worden, auch sind bereits
ie Mittel angegeben, wodurch man sich davon über-
ann, dass er sich geschlossen gelagert hat. Begründet
lieser Beziehung keine Besorgniss und entspricht die
eit der Sandschicht gleichfalls dem Gewichte des darauf
den Gebäudes, so muss man sich besonders hüten, ein
usschöpfen des Wassers in der Baugrube vorzunehmen,
jedenfalls die Festigkeit der Ablagerung gefährdet wird.
r ist eine Bétonbettung wieder das passendste Mittel,

um die Quellen zu stopfen, doch hat man zu diesem Zwecke auch andere Methoden zuweilen benutzt und auf andere Art den Sand zu bedecken und dadurch die Quellen zu sperren gesucht. Häufig zerlegt man die Baugrube in viele kleine Theile, und indem man jeden derselben besonders behandelt, so schwächt man die schädliche Einwirkung des Wassers. Auch der Gebrauch der Spundwände, die im Sande sich sehr regelmässig ausführen lassen, verhindert häufig schon einen zu heftigen Andrang des Wassers. Man hat zuweilen vom Sande gerühmt, dass er nicht comprimirbar sei *), doch findet diese Eigenschaft in aller Strenge nicht statt; die einzelnen Körnchen lassen sich freilich nicht zusammendrücken und jedenfalls wird eine feste Sandschicht auch keine grosse Comprimirbarkeit zeigen, aber ganz fehlt sie ihr doch nie, denn wie fest auch der Sand bereits gelagert sein mag, so tritt bei einer starken Vergrösserung des darauf gestellten Gewichtes doch gewöhnlich ein noch näheres Zusammenrücken der Körnchen ein. Dieses ergiebt sich schon aus den von mir angestellten Beobachtungen, und die Bewegung, welche der Pfeiler der Brücke zu Souillac annahm, scheint dieses gleichfalls zu beweisen. Besonders bleibt aber die Oberfläche des Sandes sowohl im trocknen Zustande, als auch, wenn sie vom Wasser bedeckt ist, immer sehr locker. Nur wenn der Sand wenig befeuchtet ist und die Capillar-Attraction das darin befindliche Wasser bis zur Oberfläche steigen lässt, zeigt letztere eine grosse Festigkeit. Findet dieser Fall statt, so kann man durch Abrammen eine recht geschlossene Lage der Körnchen hervorbringen und ein ferneres Eindrücken des Baues vermeiden, aber hierzu ist selten die Gelegenheit vorhanden, denn der ganz trockene Sand und ebenso der ganz nasse wird durch die Schläge der Handramme, die ihn von oben treffen, nur hin- und herbewegt, ohne sich dadurch fester zu lagern. Aus diesem Grunde sinken die untersten Steinschichten des Fundamentes bei einer starken Belastung jedesmal noch etwas tiefer ein, und wahrscheinlich setzen sich auch die nächsten Sandlagen. Jedenfalls bleibt dieser Effect aber unbedeutend

---

*) *Description du nouveau pont de pierre* und *Moulins*. Paris 1771. S. 3.

nie eine Gefahr für das Gebäude herbeiführen, beson-
n man das Fundament nach Maassgabe der Belastung
und es bis zur gehörigen Tiefe unter die Oberfläche
ns herabführt. Die Eigenschaft des Sandes, dass die
Körnchen gegenseitig eine starke Reibung äussern und
er in ihrer Lage halten und folglich auch einen ver-
rtigen Druck unter sich ausgleichen, lässt den Sand
irungen so vortheilhaft erscheinen, dass man ihn viel-
unterste Schicht des Fundamentes benutzt. Sein eigent-
weck ist in diesem Falle aber nur, den Druck auf eine
sse Fläche zu verbreiten. Es muss noch erwähnt wer-
s ein festgelagerter reiner Sand bei Rammarbeiten den
einen sehr sichern Stand giebt und dass man in solchem
ein Setzen des Fundamentes befürchten darf, sobald die
inigermaassen bis zum Stehn herabgetrieben sind.

grösste Uebelstand beim Sande ist der geringe Wider-
n er dem durchfliessenden Wasser entgegensetzt. Seine
haften gar nicht aneinander und folgen daher willig
ömung, bei ihrer Feinheit werden sie aber auch leicht
und so durch die Zwischenräume einer Steinschüttung
h die Fugen einer Spundwand hindurchgeführt, und es
sonach der Sand als Baugrund nur in dem Falle die
Festigkeit, wenn kein Wasser hindurch, oder unmittel-
ben vorbeifliesst.

Eigenschaften des Thones sind in mancher Beziehung
s Sandes gerade entgegengesetzt: er widersteht sehr
m Eindringen des Wassers, wenn er gegen eine Spund-
r eine andere ziemlich dichte Wand gestampft ist, auch
r natürlichen Ablagerung lässt er keine Quellen hin-
gen. Er widersteht ferner einem starken Drucke, wenn
g trocken ist, aber wenn er mehr Wasser in sich auf-
n hat, so ist seine Tragfähigkeit nicht nur beschränkt,
der Mangel derselben giebt sich auch noch späterhin
nen. Indem der Druck sich nach und nach in ihm aus-
so setzen sich mit der Zeit die am stärksten belasteten
es Gebäudes, wenn sie auch Anfangs gehörig unter-
sein schienen, und selbst Rostpfähle, die unter dem

Schlage der Ramme nicht mehr wichen, geben im Thonboden dem dauernden Drucke zuweilen nach. Ein stark durchnässter Thon ist daher ein gefährlicher Baugrund und dieses um so mehr, als er in diesem Zustande auch dem Eindringen des Wassers wenig Widerstand entgegensetzt. Anders verhält es sich mit einem Thonboden, der ziemlich ausgetrocknet ist; auf einem solchen werden freilich schwere Gebäude sich auch noch etwas setzen, doch ist es meist unbedeutend, und man kann es grossentheils noch vermeiden, wenn man den Boden vorher stark comprimirt. Dieses geschieht am besten, wenn man faustgrosse Steine regelmässig auf der Sohle der Baugrube als Pflaster ausbreitet, und mit einer Handramme fest eintreibt. So wurde beim Primrosehill-Tunnel auf der London-Birmingham Eisenbahn dieses Verfahren ausdrücklich vorgeschrieben.

In ähnlicher Weise kann man selbst einen sehr nachgiebigen Baugrund, wenn feste Schichten in mässiger Tiefe darunter liegen, sicher befestigen und zum Tragen grosser Lasten geschickt machen. So werden in Bremen die hohen und oft mit schweren Gütern gefüllten Packhäuser oder Speicher an der Weser nur unter denjenigen Mauern mit einem Pfahlroste versehn, die unmittelbar oder sehr nahe am Ufer stehn, während die entfernteren Umfassungsmauern und die schwer belasteten Unterzugständer oder gemauerten Pfeiler auf festgerammten Steinschüttungen ruhn. Das Verfahren dabei ist folgendes: man gräbt den Boden so tief auf, bis man das Grundwasser erreicht, alsdann wird eine 1 bis 2 Fuss hohe Schüttung von unbrauchbaren oder zerbrochenen Ziegeln in der Richtung der Mauern ausgebreitet, und man stellt eine Zugramme, die jedoch nur aus einem dreibeinigen Bocke besteht, darüber. Der Klotz, der etwa 5 Centner schwer ist, wird durch eine Scheere (§. 36) geführt, die ein Arbeiter hält, und mittelst deren er den Schlag, ohne dass die Ramme verstellt werden darf, einige Fuss weit seitwärts, oder vor- und rückwärts wirken lassen kann. Die erste Steinlage wird hierdurch sehr schnell ins Wasser herabgetrieben, eine zweite Lage gleicher Art leistet dagegen schon mehr Widerstand, und man fährt mit dem Aufschütten von Steinen und dem Festrammen derselben so lange fort, bis endlich der Rammklotz keinen merklichen Eindruck mehr macht. Die Steine der obern

n werden dabei in feinen Staub zerschlagen, indem das
dwasser sie aber durchzieht, so bilden sie auch in diesem
nde eine feste Masse und bei gehöriger Führung des Ramm-
es nehmen sie eine ebene und horizontale Oberfläche an,
uf die untere Mauerschicht bequem versetzt werden kann.
nuss erwähnt werden, dass man bei Packhäusern, die theils
solche Art fundirt sind, theils auf Pfahlrosten ruhen, keine
e in den Mauern bemerkt, woraus sich ergiebt, dass diese
rammten Steinschüttungen dieselbe Tragfähigkeit, wie der
lrost haben.

In ähnlicher Weise hat man auch statt der Steine kurze
le benutzt und diese letzte Methode kommt mit der Anwen-
g der sogenannten Füllpfähle ziemlich nahe überein, die
rüherer Zeit zur Comprimirung des Grundes nicht selten an-
endet wurde. In Venedig braucht man sie auch jetzt noch,
gewöhnlich bekommen daselbst die grossen Privatgebäude
e andere Fundirung, als dass man vor der Legung des
damentes so viele kleine Pfählchen mit der Handramme in
ausgehobene Baugrube einschlägt, bis sie anfangen sehr
er einzudringen.

Die Eigenschaft des steifen Thones, das Wasser nicht durch-
sen, macht ihn unter vielen Verhältnissen besonders wichtig,
man hat ihn sogar benutzt, um einen künstlichen Baugrund
zustellen. Dieses war zum Theil schon von Régemortes und
essart geschehn, doch dehnte Telford dasselbe Verfahren
eine früher nie geahnte Weise aus, um Schwierigkeiten zu
winden, die unübersteiglich schienen. Am nordöstlichen Ein-
e des Caledonischen Canales, nicht weit von Inverness,
in dem Loch-Beauley die erste Schleuse, genannt die
euse von Clachnacharry, erbaut werden. Hätte man sie auf
Ufer gelegt, so würde die Einfahrt der Schiffe durch das
ausgedehnte davorliegende Watt (ein aufgeschwemmter tho-
Boden, der nur bei der Fluth mit Wasser bedeckt ist)
gesperrt worden sein, und selbst durch den kostbaren Bau
er Molen oder Hafendämme, wäre die Tiefe im Vorhafen
dauernd zu erhalten gewesen, daher entschloss sich Tel-
, die Schleuse 97 Ruthen von der Grenze des Hochwassers

ab in die See hinein zu verlegen. Der Grund war a
Stelle so weich, dass eine 55 Fuss lange eiserne Stan
versank, woher an gewöhnliche Fangedämme nicht geda
den konnte. Die Hügel neben der Küste bestanden a
einer festen und zähen Klaierde, und es wurden in d
tung der künftigen Canaldeiche Eisenbahnen angelegt,
nächst das Material für die Deiche selbst herbeizuschaffen.
dem diese dargestellt waren, führte man grosse Thonma
die Stelle, wo die Schleuse erbaut werden sollte, un
daraus eine mächtige Schüttung auf dem Watte. Dies
schüttung erhielt eine solche Ausdehnung, dass sie zug
Fangdämme um die Schleuse bildete, und ihre ganze B
trug (nach Flachat) 60 Fuss. Darüber packte man noch
Steine, die später beim Schleusenbau benutzt werden
und überliess das Ganze ungefähr 6 Monate lang der W
des Wellenschlages. Während dieser Zeit war die O
der Thonmasse 11 Fuss gesunken, und da sie endlic
weitere Bewegung zeigte und man daher annehmen konn
der weiche Untergrund gehörig comprimirt sei, so fing
die Baugrube darin auszuheben. Eine Kettenpumpe, d
6 Pferde getrieben wurde, schöpfte das Wasser bis auf
von 15 Fuss aus, und bei der ferneren Vertiefung, die
30 Fuss unter das Hochwasser trieb, wurden die Pump
eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Man ka
bis 8 Fuss in den comprimirten natürlichen Boden hin
hütete man sich, auf einmal eine grosse Oeffnung dar
stellen, mauerte vielmehr in einzelnen Theilen von etw
then Länge den Schleusenboden in der Mitte 2 und an
ten 5 Fuss hoch in Bruchsteinen aus und spannte al
Zusammenhange ein umgekehrtes Gewölbe darüber, w
den Schleusenmauern sein Widerlager fand. Es ver
merkt zu werden, dass die Rostpfähle, die man nur
beiden Häuptern der Schleuse anwendete, sehr schnel
ununterbrochener Arbeit eingerammt werden mussten, d
eine Pause von einer Stunde dazwischen eingetreten
konnten sie weder tiefer eingeschlagen, noch auch he
gen werden. Ueber das ganze Verfahren sagt Telfor
„Methode, den Schlamm zu comprimiren und die ga

„stelle darin zu versenken und später das Gebirge von Klay zu „durchstechen, um die Eingänge zur Schleuse zu bilden, war „nur ein Nothbehelf, doch ergab die spätere Vergleichung der „Kosten, dass, wenn auch gewöhnliche Fangedämme hier anwend-„bar gewesen wären, die Ausführung derselben sich doch nicht „so wohlfeil als dieses Mittel herausgestellt haben würde.“ *)

Schliesslich muss in Bezug auf die Fundirungen im aufgeschwemmten Boden noch bemerkt werden, dass dieselben nur insofern eine gehörige und sichere Unterstützung finden, als die Erde darunter nach keiner Seite leicht ausweichen kann. Wollte man sie daher in der Nähe eines steilen Abhanges anbringen, woselbst der Boden darunter nach dem Thale leicht entweichen könnte, so wäre eine Senkung zu besorgen, die noch dadurch befördert würde, dass auch die Quellen in eben dieser Richtung sich hinzuziehn pflegen. Die Vorsicht, die man zuweilen in diesem Falle empfiehlt, nämlich dem Fundamente einige Neigung, und zwar dem Abhange entgegengesetzt, zu geben, ist bei aufgeschwemmtem Boden ohne Nutzen, indem dieser Boden selbst in Bewegung geräth, sobald er stark belastet wird. Das sicherste Mittel besteht darin, dass man das Fundament entweder bis zur Thalsohle herabführt, oder es doch wenigstens so weit senkt, dass die gerade Linie, welche von demselben nach der nächsten Stelle der Thalsohle gezogen wird, nicht steiler als etwa unter 20 Graden gegen den Horizont geneigt ist. Diese Regel begründet sich dadurch, dass selbst sehr lose und stark durchweichte Erdarten keine flachere Böschungen zu bilden pflegen und daher in diesem Falle der nachtheilige Einfluss der Quellen aufhört. Hiernach sind auch Abtreppungen, wie in felsigem Ufer, und wie Fig. 135 eine solche zeigt, bei losem Boden nicht statthaft, sie dürfen vielmehr nur sehr flach ansteigen.

---

*) *Life of Thomas Telford.* London 1838. S. 58. Eine Beschreibung dieses Baues gab schon früher Flachat in seiner *Histoire des travaux du Canal Calédonien,* Paris 1828; doch stimmen die Angaben darin grossentheils mit denen von Telford nicht vollständig überein.

§. 34.

Verbreitung des Fundamentes.

Einigermaassen pflegt man die Fundamente auch i Boden zu verbreiten, indem man sie mit Banketten welche an einer oder beiden Seiten vor die Mauer tr sonach die tragende Fläche vergrössern. Hier soll je einer stärkeren Verbreitung des Fundamentes die Rede s durch man auch einen minder haltbaren Boden zur Unterstützung des Gebäudes fähig macht. Es leidet kein fel, dass jeder Baugrund, wenn er auch noch so lo einigem Drucke widerstehn kann, er weicht nur aus dieser Druck grösser wird, als seine Tragfähigkeit i theilt man daher den Druck auf eine recht grosse Fl wird jeder einzelne Quadratfuss Oberfläche um so we lastet und um so sicherer kann er daher diese Las Gemeinhin wird hierbei noch eine andere Absicht verf weicher und nachgiebiger Boden ist nämlich häufig nic von gleicher Beschaffenheit, und kann an einzelnen S grösseres Gewicht tragen, als an andern. Wollte man bar ein Gebäude darauf stellen, dessen Theile unter innig verbunden sind, so würde leicht eine Ecke o irgend ein Theil stärker einsinken, als ein anderer, Ganze würde mehr leiden, als wenn es sich im Zusam und möglichst gleichmässig gesetzt hätte, was in viel sogar wenig nachtheilig wäre. Hiernach wird es E dass die tragende Fläche unter dem ganzen Gebäude z hängt und so innig verbunden ist, dass nirgend eine erfolgen kann. Dieses allein genügt aber noch k denn ein Biegen dieser Fläche muss gleichfalls nicht wenn man vor jedem Bruche im Gebäude gesichert bl den Druck allein auf diejenige Punkte des Bodens will, welche am wenigsten nachgeben.

Die gewöhnlichen liegenden Roste sind kein steif, dass sie jeder Biegung widerstehn, und eben findet dieses bei denjenigen Constructionen statt, die ihrer zuweilen anwendet. Das Mauerwerk an sich hat

es in gehörigem Verbande und aus gutem Material aus-
t worden, einen starken innern Zusammenhang, wodurch
ögliches Biegen des Fundamentes oder des Rostes meist
dert wird. Man darf sonach in der erwähnten Beziehung
em liegenden Roste sich nicht zu viel versprechen; der-
gewährt vielmehr den grössten Nutzen nur im Anfange des
, wo die verlegten Steine noch nicht gehörig binden und
vielleicht einzeln sich in verschiedene Tiefe eindrücken
en. Diesem Effecte wirkt er vollständig entgegen, und so
er noch nicht stark belastet ist, zeigt er auch eine hin-
nde Steifigkeit. Endlich erwartet man zuweilen von einer
n Unterlage unter dem Fundamente auch noch, dass sie
nur steif ist, und daher das Brechen des Gebäudes ver-
t, sondern dass sie auch ein ganz gleichmässiges Setzen
ken, und verhüten soll, dass nicht etwa eine Seite tiefer
sinkt, als die andere, und sonach der Bau eine schiefe
ng einnimmt. Es darf kaum erwähnt werden, dass dieser
nur von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängt
er Rost dazu nichts beitragen kann.

Beim Abbruche alter Gebäude findet man zuweilen Fundi-
arten gewählt, die einem liegenden Roste sehr nahe kom-
Als man die Altstädtische Kirche in Königsberg abtragen
e, die auf einem sehr unsichern Grunde im sumpfigen
des Pregels vor mehr als fünf Jahrhunderten gebaut war,
nd man unter den hohen Umfassungsmauern und Pfeilern
Reihe von Aesten und Stämmen von Ellernholz neben ein-
flach auf den Boden gelegt. Dieselben hatten sich so gut
en, dass sie grossentheils noch fest waren und man die
rt sogleich wieder erkannte; besonders interessant war es,
man unter ihnen auch noch den Rasen sehr deutlich wahr-
en konnte, woraus sich also ergab, dass man gar keine
mentgräben für dieses grosse und hohe Gebäude einge-
ten, sondern sich begnügt hatte, nur den natürlichen Ra-
mit Holzstücken zu bedecken und darauf die Mauern auf-
ren.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen des liegenden Rostes
i Erbauung der Seilspinnerei zu Rochefort durch Blondel
cht. Der thonige Boden zeigte an der Oberfläche eine ge-

nügende Festigkeit, doch nahm diese in einiger Tiefe bedeutend ab, und bei 12 Fuss fand sich bereits so viel Wasser im Thon vor, dass er in einen dicken Schlamm überging. Letzterer setzte sich so weit fort, dass man die festen Schichten darunter gar nicht auffinden konnte und daher an einen Pfahlrost nicht zu denken war. Das Gebäude musste also allein durch die obern Erdlagen getragen werden, und es kam darauf an, diese möglichst wenig durch Einschneiden zu schwächen. Deshalb wurde in geringer Tiefe der Rost gelegt und der Bau darüber ausgeführt, der sich auch wirklich sehr gleichmässig setzte.

Mat hat später von dem liegenden Roste häufig Gebrauch gemacht und auch gegenwärtig verspricht man sich zuweilen einen sehr günstigen Erfolg von seiner Anwendung. Es fehlt nicht an Beispielen, welche zeigen, dass Gebäude, die auf diese Art fundirt wurden, einer starken Senkung ungeachtet, doch weder Risse bekamen, noch auch eine schiefe Stellung annahmen. Es lässt sich hieraus indessen keineswegs der Schluss ziehn, dass der günstige Erfolg wirklich durch diese Fundirungsart veranlasst wurde, vielmehr musste der Boden daselbst schon an sich eine so gleichmässige Beschaffenheit haben, dass er überall ungefähr in gleicher Art nachgab. Ein wichtiger Vortheil des liegenden Rostes beruht darauf, dass man mittelst der Schwellen desselben die Fundamente unter den einzelnen Mauern mit einander verankern kann, was besonders unter den Widerlagern von Gewölben sehr vortheilhaft ist, sobald der Boden nur geringe Festigkeit hat.

Bei der Ausführung eines Rostes muss man zunächst dafür sorgen, ihn in solcher Höhe zu verlegen, dass er beständig vom Wasser bedeckt bleibt; wäre dieses nicht der Fall, so würde er bald verfaulen oder verrotten und man könnte alsdann nicht nur gar keinen Vortheil von ihm erwarten, sondern er würde unter der darauf ruhenden Last auch noch zerdrückt werden und dadurch eine neue Veranlassung zur Senkung des Gebäudes geben. Im Thonboden, wo die Feuchtigkeit länger zurückgehalten wird, ist dieser Uebelstand zwar etwas weniger zu besorgen, als im Sande, der viel schneller austrocknet; nichts desto weniger muss man aber auch dort bis unter den kleinsten Wasserstand herabgehn und dabei, wie bereits erwähnt worden, auch noch darauf

es in gehörigem Verbande und aus gutem Material aus-
hrt worden, einen starken innern Zusammenhang, wodurch
möglliches Biegen des Fundamentes oder des Rostes meist
indert wird. Man darf sonach in der erwähnten Beziehung
dem liegenden Roste sich nicht zu viel versprechen; der-
e gewährt vielmehr den grössten Nutzen nur im Anfange des
es, wo die verlegten Steine noch nicht gehörig binden und
er vielleicht einzeln sich in verschiedene Tiefe eindrücken
chten. Diesem Effecte wirkt er vollständig entgegen, und so
ge er noch nicht stark belastet ist, zeigt er auch eine hin-
chende Steifigkeit. Endlich erwartet man zuweilen von einer
chen Unterlage unter dem Fundamente auch noch, dass sie
ht nur steif ist, und daher das Brechen des Gebäudes ver-
dert, sondern dass sie auch ein ganz gleichmässiges Setzen
wirken, und verhüten soll, dass nicht etwa eine Seite tiefer
absinkt, als die andere, und sonach der Bau eine schiefe
llung einnimmt. Es darf kaum erwähnt werden, dass dieser
folg nur von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängt
d der Rost dazu nichts beitragen kann.

Beim Abbruche alter Gebäude findet man zuweilen Fundi-
ngsarten gewählt, die einem liegenden Roste sehr nahe kom-
n. Als man die Altstädtische Kirche in Königsberg abtragen
sste, die auf einem sehr unsichern Grunde im sumpfigen
ale des Pregels vor mehr als fünf Jahrhunderten gebaut war,
fand man unter den hohen Umfassungsmauern und Pfeilern
e Reihe von Aesten und Stämmen von Ellernholz neben ein-
der flach auf den Boden gelegt. Dieselben hatten sich so gut
alten, dass sie grossentheils noch fest waren und man die
lzart sogleich wieder erkannte; besonders interessant war es,
s man unter ihnen auch noch den Rasen sehr deutlich wahr-
men konnte, woraus sich also ergab, dass man gar keine
ndamentgräben für dieses grosse und hohe Gebäude einge-
nitten, sondern sich begnügt hatte, nur den natürlichen Ra-
mit Holzstücken zu bedecken und darauf die Mauern auf-
führen.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen des liegenden Rostes
bei Erbauung der Seilspinnerei zu Rochefort durch Blondel
macht. Der thonige Boden zeigte an der Oberfläche eine ge-

nügende Festigkeit, doch nahm diese in einiger Tiefe be
ab, und bei 12 Fuss fand sich bereits so viel Wasser im
vor, dass er in einen dicken Schlamm überging. Letztere
sich so weit fort, dass man die festen Schichten darun
nicht auffinden konnte und daher an einen Pfahlrost ni
denken war. Das Gebäude musste also allein durch die
Erdlagen getragen werden, und es kam darauf an, diese
lichst wenig durch Einschneiden zu schwächen. Deshalb
in geringer Tiefe der Rost gelegt und der Bau darüber
führt, der sich auch wirklich sehr gleichmässig setzte.

Mat hat später von dem liegenden Roste häufig Ge
gemacht und auch gegenwärtig verspricht man sich zu
einen sehr günstigen Erfolg von seiner Anwendung. E
nicht an Beispielen, welche zeigen, dass Gebäude, die auf
Art fundirt wurden, einer starken Senkung ungeachtet,
weder Risse bekamen, noch auch eine schiefe Stellung a
men. Es lässt sich hieraus indessen keineswegs der S
ziehn, dass der günstige Erfolg wirklich durch diese Fundi
art veranlasst wurde, vielmehr musste der Boden daselbst
an sich eine so gleichmässige Beschaffenheit haben, d
überall ungefähr in gleicher Art nachgab. Ein wichtige
theil des liegenden Rostes beruht darauf, dass man mittel
Schwellen desselben die Fundamente unter den einzelnen M
mit einander verankern kann, was besonders unter den W
lagern von Gewölben sehr vortheilhaft ist, sobald der
nur geringe Festigkeit hat.

Bei der Ausführung eines Rostes muss man zunächst
sorgen, ihn in solcher Höhe zu verlegen, dass er beständi
Wasser bedeckt bleibt; wäre dieses nicht der Fall, so wü
bald verfaulen oder verrotten und man könnte alsdann nic
gar keinen Vortheil von ihm erwarten, sondern er würde
der darauf ruhenden Last auch noch zerdrückt werden un
durch eine neue Veranlassung zur Senkung des Gebäudes
Im Thonboden, wo die Feuchtigkeit länger zurückgehalten
ist dieser Uebelstand zwar etwas weniger zu besorgen,
Sande, der viel schneller austrocknet; nichts desto weniger
man aber auch dort bis unter den kleinsten Wasserstand
gehn und dabei, wie bereits erwähnt worden, auch noch

sicht nehmen, dass dieser Wasserstand vielleicht durch be-
re Umstände in Zukunft noch tiefer gesenkt werden kann.
Fig. 137 *a*, *b* und *c* zeigt einen liegenden Rost im Quer-
tte und in den Ansichten von oben und von vorn. Den
igsten Theil desselben bilden die Langschwellen, welche
Fundament der Länge nach zusammenhalten. Besonders
en sie in ihren Stössen gehörig verkämmt, auch wohl durch
ne Klammern verbunden sein, damit sie sich nicht ausein-
rziehn, und ebenso ist es auch nöthig, dass diese Stösse
rig im Verbande liegen und immer auf die Unterlager treffen.
Langschwellen haben eine Stärke von 8 bis 12 Zoll und
legt sie in solcher Entfernung von einander, dass die Boh-
larüber noch mit Sicherheit die Mauer tragen. Die Bohlen
3 bis 6 Zoll stark; sie werden mit hölzernen Nägeln be-
gt und man giebt ihnen zuweilen durch Einhauen mit der
eine recht rauhe Oberfläche, damit das Mauerwerk besser
uf haftet. Die eigentliche Verbindung unter sich erhalten
Langschwellen durch die Unterlager, die zugleich auch
liche Zangen sind. Sie werden nach der Schnur und der
waage in Abständen von 4 bis 6 Fuss auf die Sohle der
rube verlegt, und wo sie die Schwellen tragen, sind sie
3 Zoll tief eingeschnitten, während die Schwellen selbst
rer vollen Stärke darüber fortgehn. Hierbei darf indessen
swegs die ganze Last des darauf gestellten Baues auf den
lagern und Rostschwellen ruhen, denn beide würden sich
esem Falle sogleich in den losen Untergrund eindrücken
das Senken des Fundamentes wäre alsdann viel stärker, als
man gar keinen liegenden Rost gebraucht hätte. Es ist
h nothwendig, die einzelnen Rostfelder und ebenso auch
Raum zur Seite bis zur obern Fläche der Schwellen sorg-
anzufüllen und festzustampfen. Man kann hierzu ver-
denes Material benutzen; wenn man Thon oder Lehm an-
et, so ist es gut, denselben recht fest einzuschlagen, und
Zusatz von Kies oder kleinen Steinen ist dabei insofern
vortheilhaft, als dadurch der Thon weniger comprimirbar
Hat man dagegen nur Sand, so ist es besser, denselben
oben stark anzugiessen, wodurch die Körnchen eine sehr
hlossene Lage annehmen, doch muss in dieser Zeit der

Wasserstand mittelst der Schöpfmaschine einige Fuss
halten werden. Etwas Aehnliches gilt auch vom B
der gleichfalls durch starkes Angiessen sich fest la
aber wegen der häufig darin befindlichen ungebrannt
erde durch Anstampfen noch um so fester wird. Jeden
man dafür sorgen, dass diese Füllung bis zur unter
des Bohlenbelages reicht, damit der Druck hier sogl
vollständige Unterstützung findet. Wenn auch ein Her
der obern Erdschichten nicht verhindert werden kann,
doch keineswegs der Rost sich in diese Schichten hinein
vielmehr nur in gleichem Maasse, wie sie selbst, sich

Zuweilen umgiebt man den liegenden Rost noch m
Spundwand und dieses hauptsächlich in der Absicht,
Auswaschen des Grundes und das Unterspülen des Funda
zu verhindern. Ein solcher Zweck lässt sich indessen hie
nicht mit Sicherheit erreichen, denn man darf nicht voraus
dass die Spundwand wasserdicht sei; die Wasseradern k
sie noch durchdringen, und sobald dieses geschieht, au
Erde angreifen und fortspülen. Dazu kommt noch, dass,
überhaupt ein Auswaschen oder Auflockern des Grundes z
sorgen ist, dieses durch die Spundwand nur unter dem F
mente, aber keineswegs in dessen nächster Umgebung
dert werden kann; letzteres ist aber eben so nachtheili
jenes, denn sobald der Grund sich hier erweicht, so
Spundwand von dem auf der innern Seite stattfindenden
herausgedrängt und der Rost senkt sich. Es muss so
den liegenden Rost ebenso, wie für jede andere Fundi
Regel gelten, dass überhaupt keine Quellen sich dar
durchziehn dürfen; und wenn die tiefer liegenden W
von denen früher die Rede war, die man weder leicht
noch abschliessen kann, hiervon auch eine Ausnah
so dürfen wenigstens keine Quellen so nahe unter
mente vorkommen, dass ein Ausspülen zu besorg
vermeidet dieses, indem man das Fundament so tie
der Weg, den die Wasseradern nehmen müssen,
demselben noch durchdringen, so lang und desha
len Widerständen verbunden ist, dass eine starke
nicht mehr eintreten kann. Es ist dieses oft ein

, die Fundamente recht tief zu legen, und besonders
er Bau, wie etwa ein Wehr, einen höheren Wasserstand
h erzeugen soll. Die Spundwand, womit man den lie-
Rost umgiebt, hat indessen noch andere Zwecke, die
vollständig erfüllt: zunächst besteht einer [illegible] darin,
während des Baues schon ein starker Wasserandrang von
ugrube abgehalten wird, indem die Spundpfähle manche
, die sich sehr nachtheilig zeigen würden, [illegible]
nd theils durch die Compression der Erde [illegible]
es hinter denselben ein Thonschlag zu [illegible] Zwecke
racht werden kann. Demnächst aber [illegible] die Spund-
eine feste Umschliessung und verhindert [illegible]
rde, was sonst vielleicht an einzelnen Stellen [illegible] wäre.
det sonach der liegende Rost hinter der Spundwand [illegible]
den nöthigen Widerstand, um die [illegible]
ebäude zu tragen.

ie Verbindung des liegenden Rostes [illegible]
eht in der Art, dass man die äussere [illegible]
nen der Spundpfähle [illegible]
durch den Vortheil [illegible]
enbelage die [illegible]
indem die [illegible]
gedeckt ist, [illegible]
darf aber [illegible]
nicht stattfinden, [illegible]
enkung [illegible]
isste, wenn sie [illegible]
rde.

eschieht es, [illegible]
inem gewissen [illegible]
Erde abgeht, [illegible]
. Um solchem [illegible]
Theilen die [illegible]
einen [illegible]
[illegible]

nachtheilig, man muss aber dafür sorgen, dass beide
des Rostes noch unter dem kleinsten Wasser liegen u
die Schwellen mit einander gehörig verbunden werden.
Fundirung in der grösseren Tiefe kostbarer wird, so pf
gewöhnlich denjenigen Theil des Rostes am tiefsten z
der die geringste Ausdehnung hat. Wenn ferner die
mauer nicht senkrecht, sondern schräge von der Ha
abgeht, so müssen die Schwellen wieder parallel zu de
liegen, man lässt sie also sich schräge schneiden, und
nächsten Unterlager zu beiden Seiten bekommen eine
Lage, die folgenden gehn aber bald in die senkrechte
über. Die Bohlen müssen jedesmal auf allen Schwe
liegen, man darf sie daher nicht in kurze dreieckig
verschneiden, sondern sie können nur an einer Se
schmäler werden, damit sie nach und nach in die s
Richtung übergehn. Fig. 139 *a* und *b* zeigt diese A
im Grundrisse und im Querschnitte.

Bisher ist nur von derjenigen Construction des
Rostes die Rede gewesen, die bei uns üblich ist, i
und Frankreich weicht man in mancher Beziehung
davon ab. Beim Bau der Brücke zu Gloucester über d
wo der Bogen von 150 Fuss Spannung sehr feste V
erforderte, fundirte Telford dieselben 18 Fuss unter d
gen Wasser auf einem groben Kieslager und zwar in
dehnung von 40 Fuss Länge und 37 Fuss Breite.
zuerst auf dem wohlgeebneten Grunde eine Schicht f
lagerhafter Steine ausbreiten und hierüber legte er
derselbe bestand in der einen Richtung, wie in der a
Balken von Kiefernholz, die weniger hoch als breit
3 Fuss von Mitte zu Mitte entfernt lagen. Vierzehn S
selben von 37 Fuss Länge wurden senkrecht gegen
tung des Stromes verlegt, und dreizehn andere, 40 I
kamen quer darüber. Beide wurden bis zur Hälfte
ten, so dass sie oben wie unten bündig waren; die v
Oeffnungen, die etwas über 2 Fuss im Quadrat hielte
mit Bruchsteinen sorgfältig ausgemauert und dann kam
zölliger Bohlenbelag von Buchenholz darüber, der auf
genagelt wurde.

Beim Bau einer Schleuse auf dem North-Walsham- und Durham-Canale in Norfolk wählte Hughes die folgende Construction: der Boden bestand daselbst aus Moorerde, worin sich Sandadern und einzelne Kieslager vorfanden, die in allen Richtungen das Wasser zudringen liessen und den Grund so erweicht hatten, dass man ohne grosse Mühe eine eiserne Stange 28 Fuss tief einstossen konnte. In dieser Tiefe befand sich ein festerer Untergrund, doch scheute die Actiengesellschaft die Kosten, um das Fundament so weit herabzuführen, oder einen Pfahlrost anzuwenden. Es wurde daher wieder der liegende Rost gewählt. Man streckte Balken von Kiefernholz 1 Fuss breit und 6 Zoll stark im lichten Abstande von 3 Fuss, nach der Quere der Schleuse auf die Sohle der Baugrube; ihre Länge betrug, da sie bis unter die Strebepfeiler reichen mussten, 32 Fuss. Hierüber nagelte man unmittelbar den dreizölligen Bohlenbelag und rammte Spundwände vor und hinter den Rost. Die Spundpfähle drangen nie tiefer, als 15 Fuss, und oft nur 9 bis 10 Fuss ein, und wenn die Arbeit auch nur sehr kurze Zeit (Hughes sagt wenige Secunden) unterbrochen war, so liessen sie sich nicht mehr bewegen und konnten alsdann weder unter den Schlägen der Ramme tiefer herabgebracht, noch auch herausgezogen werden.

Eine eigenthümliche Construction des liegenden Rostes, die Telford bei der Tewkesbury-Brücke über den Severn anwandte, verdient noch erwähnt zu werden: das eine Ufer bestand aus einem festeren Boden, so dass ein Pfahlrost, der auf der andern Seite gewählt werden musste, hier nicht nöthig schien. Es wurde eine Lage Halbholz von 6 Zoll Stärke dicht schliessend auf der geebneten Baugrube verlegt und zwar so, dass die einzelnen Stücke die Axe der Brücke unter einem Winkel von 45 Graden schnitten. Hierüber kam eine ganz gleiche Lage, welche die erstere unter einem rechten Winkel kreuzte. Beide wurden durch eiserne Nägel mit einander verbunden und eine Spundwand umgab sie auf der dem Flusse zugekehrten Seite.

Auch bei andern grösseren Bauten in England hat man den liegenden Rost angewendet, man ist indessen in neuerer Zeit dort sehr misstrauisch dagegen geworden und giebt einer Fundirung auf Béton unbedingt den Vorzug. Es leidet keinen Zweifel,

dass die letzte Methode grössere Bequemlichkeit und Sicherheit gewährt, indem sie die Quellen abhält und mit dem Mauerwerk in eine innige Verbindung gebracht werden kann; ausserdem verliert der Béton nicht seine Festigkeit, wenn auch der Boden umher austrocknen sollte.

Bei dem liegenden Roste, wie man ihn in Frankreich anwendet, befinden sich gewöhnlich die Rostschwellen unten und die Zangen liegen darüber, die Zwischenräume zwischen den letztern werden mit Bohlen ausgefüllt und diese fallen entweder mit der Oberfläche der Zangen in eine Ebene, oder bleiben tiefer, jenachdem man die Zangen und Querschwellen mehr oder weniger in einander eingelassen hat. Bei uns pflegt man die Fläche, worauf die Mauer aufgeführt wird, möglichst eben darzustellen und lässt daher auch beim Pfahlroste die Zangen gewöhnlich nicht über den Bohlenbelag vorstehn. Der Grund dafür ist der, dass hierbei schon die untern Schichten der Mauer ohne Unterbrechung und in gleicher Höhe ausgeführt werden können; diese Rücksicht ist indessen nicht wesentlich, wenn man nur dafür sorgt, dass bei Anwendung geformter Steine die obere Fläche der Zangen mit einer gewissen Anzahl von Schichten genau erreicht wird, die folgende Schicht also darüber fortläuft. Bei der sehr mangelhaften Verbindung, die zwischen dem Bohlenbelage und dem Mauerwerke stattfindet, dürfte es wohl vortheilhaft sein, durch dergleichen Unebenheiten noch ein etwas stärkeres und innigeres Eingreifen zu bewirken.

Demnächst kommen bei den liegenden Rosten in Frankreich noch manche andre Abweichungen vor, wie die Einfassungen in Rahmen, wovon bei Gelegenheit der Pfahlroste die Rede sein wird. Zuweilen lässt man den Rost auch nur aus den Schwellen und dem Bohlenbelage bestehn; eine eigenthümliche Abänderung beruht aber noch darin, dass man sogar den ganzen Bohlenbelag fortlässt. Schon Bélidor*) bemerkt, dass, wenn man die Rostfelder bis zum Bohlenbelage ausmauert, wie er dieses für nothwendig hält, und wenn man über dem Bohlenbelage die Mauer fortsetzt, dass alsdann der Bohlenbelag selbst, sehr überflüssig und sogar nachtheilig ist. Sganzin meint gleichfalls, dass der

*) *Science des Ingénieurs.* Buch III. Cap. 9.

hlenbelag nur den Verband des Mauerwerks unterbricht und
ıer die Festigkeit beeinträchtigt. Die Fortlassung der Bohlen
heint in der That nicht unpassend zu sein, obgleich man da-
rch sich der Gefahr aussetzt, dass von dem Mauerwerk ein-
ne Theile sich lösen und durch die Rostfelder hindurchdringen
nnen; dieses ist jedoch nur während des Baues zu besorgen
d durch ein gehöriges Ausmauern der Rostfelder lässt es sich
ch vollständig vermeiden. Fig. 140 *a* und *b* zeigt im Grund-
sse und Querschnitte den Rost eines Durchlasses, der auf diese
t angeordnet ist und wobei einzelne Zangen beide Widerlager
t einander verankern. *)

Eine andere Methode zur Verbreitung der tragenden Fläche
s Fundamentes, wodurch man gleichfalls das Einsinken ein-
lner besonders nachgiebiger Stellen verhütet und den Druck,
r auf solche trifft, auf die festeren Umgebungen überträgt,
steht in der Anwendung starker Sandschüttungen. Man
t dieses Verfahren in Frankreich vielfach und seit längerer
it angewendet, in Surinam sollen aber alle Gebäude auf diese
t fundirt werden und die Erfahrung scheint zu zeigen, dass
r Zweck des liegenden Rostes (mit Ausschluss der erwähnten
rankerungen) dadurch vollständig erreicht wird. Es ergeben
h hierbei aber noch die beiden sehr wichtigen Vortheile, dass
mal die Sandschüttung beinahe unter allen Umständen viel
hlfeiler und leichter darzustellen ist, als der liegende Rost,
d sodann auch, dass die Fundirung keineswegs so tief zu
in braucht, dass sie immer unter dem niedrigsten Grundwasser
eibt, denn die Festigkeit der Sandablagerung leidet nicht,
nn sie auch abwechselnd nass und trocken wird: es kommt
r darauf an, sie vor der unmittelbaren Berührung des strö-
enden Wassers zu sichern. Inwiefern die Sandschüttung die
wähnte Vertheilung des Druckes bewirkt und das Einsinken
nzelner, besonders stark belasteter oder besonders schwach
terstützter Stellen verhindert, wird sich am deutlichsten er-
ben, wenn ich einige Resultate der von mir über den Druck
d die Reibung des Sandes angestellten Untersuchungen mittheile.

---

*) Entnommen aus der *Récueil de dessins rélatifs à l'Art de Ingénieur. Collection I.*

Der horizontale Druck, den eine Sandschüttung gegen
verticale Wand ausübt, ist dem Quadrate der Höhe der Sch
tung proportional, vorausgesetzt, dass die Oberfläche horizo
abgeglichen ist und dass die Wand, welche den fraglichen D
erfährt, bis zu dieser Oberfläche heraufreicht. Aus einfa
Betrachtungen, die später bei Untersuchung der Stabilität
Futtermauern mitgetheilt werden sollen, ergiebt sich dieser D
gleich

$$\frac{1}{2} a^2 b \gamma A$$

wenn a die Höhe der Schüttung, b die Breite der Wand,
Gewicht der Raumeinheit des Sandes und A eine von der
des Sandes abhängige Constante bezeichnet. Nennt man
den Reibungs-Coëfficient n, so ist die Reibung, welch
Sandschüttung gegen einen Cylinder ausübt, gleich

$$\frac{1}{2} n a^2 b \gamma A$$

oder wenn der Radius des Cylinders gleich r ist, also $b =$
so wird jene Reibung

$$n r \pi \gamma A a^2$$

Diese Reibung lässt sich direct messen, wenn man Glascy
ohne Boden auf Platten stellt, dieselben mit Sand füllt, u
einen Wagebalken befestigt. Das Uebergewicht, wodur
gehoben werden, bezeichnet die Reibung. Ich fand auf
Art für den eisenhaltigen Streusand, den ich benutzte,

$$n A = 0{,}12$$

während $\gamma = 2{,}82$ Loth war, wobei der Rheinländische Z
Maasseinheit angenommen ist.

Der Druck, den die Schüttung im vorliegenden Falle
den Boden des Cylinders ausübt, ist aber gleich dem Ge
der Schüttung, weniger dieser Reibung, also

$$r \pi \gamma a (r - n A a)$$

Es würde hieraus folgen, dass der letzte in die Parenthe
geschlossene Factor für eine gewisse Höhe der Schüttung
Null und für eine noch grössere Höhe sogar negativ wär
heisst, die Reibung des Sandcylinders könnte unter ge
Umständen nicht nur den Druck auf den Boden vollständi
heben, sondern denselben auch noch mit einer solchen
zurückhalten, dass ein daran gehängtes Gewicht davon ge
würde. Dieser Schluss ist indessen nur eine Folge davon
auf die Trennung der Sandtheilchen, die in jeder Richtu

an jeder Stelle eintreten kann, in der Rechnung nicht Rücksicht genommen ist. Die untere Sandschicht kann sonach durch die Reibung, welche die obern Schichten erfahren, nicht zurückgehalten werden, drückt vielmehr fortwährend den Boden. Der Erfolg ist auch wirklich dieser, dass wenn man in der cylindrischen Röhre Anfangs eine sehr niedrige Sandschüttung anbringt und diese nach und nach erhöht und dabei jedesmal den Druck misst, den der Boden erleidet, der Druck Anfangs dem Gewichte des Sandes gleich ist, aber später in einem geringeren Maasse zunimmt, als dieses Gewicht, und zwar wird die relative Vergrösserung desselben immer geringer, bis sie zuletzt ganz aufhört. Sobald man diese Grenze erreicht hat, so wird gar keine Zunahme des Druckes noch ferner stattfinden, wie hoch man auch die Aufschüttung fortsetzen und welche andere Belastung man auf dem Sande auch noch anbringen mag. Die Erfahrung bestätigt dieses vollständig: ich nahm einen Glascylinder, dessen Radius gleich 1,02 Zoll maass, und befestigte ihn vertical in der Art, dass die obere und untere Oeffnung frei blieb, alsdann nahm ich eine ebene Scheibe, welche die untere Oeffnung schloss, hing sie an einen Waagebalken und brachte sie durch Gegengewichte in der Schale am andern Arme ins Gleichgewicht. Nunmehr schüttete ich Sand in die Röhre, so dass die Höhe der Schüttung oder a verschiedene Werthe annahm, und eine Sandschüttung in der andern Schale hob jedesmal im Anfange der Beobachtung den Druck auf den Boden der Röhre vollständig auf. Eine feine Oeffnung im Boden der Waageschale liess indessen diesen Sand (der das Gegengewicht bildete) langsam ausfliessen, so dass eine sehr sanfte Verminderung des Gegendruckes erfolgte, bis endlich der Boden der Röhre nicht mehr gehörig unterstützt war und plötzlich herabfiel. In demselben Momente, wo dieses geschah, wurde der fernere Ausfluss des Sandes aus der Schale gehemmt und das Gewicht des noch zurückgebliebenen Theiles desselben ergab die Stärke des Gegendruckes für die Zeit, wo der Druck auf den Boden das Uebergewicht erhielt. Auf diese Art liess sich der Druck sehr sicher bestimmen, ohne dass die Waage berührt und die Gewichte durch Abheben und Zusetzen verändert werden durften. Es war aber auch nöthig, dieses zu vermeiden, indem die geringsten Erschüt-

terungen schon sehr bedeutende Abweichungen hervorbrachten, sowie denn überhaupt diese Beobachtungen keine grosse Schärfe zulassen, woran die unvermeidliche Ungleichmässigkeit des Materials Schuld sein mag. Die Resultate waren folgende:

für $a = 1$ Zoll,	betrug der Druck	7,9 Loth
- $a = 2$ -	- - -	14,8 -
- $a = 3$ -	- - -	18,7 -
- $a = 4$ -	- - -	22,1 -
- $a = 5$ -	- - -	20,5 -

Die obige Formel ergab dagegen nach Einführung der be erwähnten Zahlenwerthe

für $a = 1$	den Druck	= 8,18 Loth
- $a = 2$	- -	= 14,07 -
- $a = 3$	- -	= 17,80 -
- $a = 4$	- -	= 19,34 -

Bei $a = 4,2$ erreicht der Druck schon sein Maximum und trägt 19,38 Loth.

In derselben Art benutzte ich demnächst auch eine e Glasröhre. Ihr Radius mass 0,57 Zoll, und um dabei sic kleine Gewichte zu erhalten und zugleich einige Abänderu die Versuche zu bringen, so füllte ich die Röhre diesesm feinem Schrote an. Für letzteres hatte ich durch andere sungen gefunden $\gamma = 8,245$

und $n\,A = 0,135$

Die hiernach angestellten Berechnungen, sowie die Beobac gen ergaben den Druck auf den Boden

	nach der Beobachtung	nach der Rechnung
für $a = 0,4$ Zoll	3,1 Loth	3,05 Loth
- $a = 0,9$ -	5,1 -	5,95 -
- $a = 1,1$ -	5,9 -	6,83 -
- $a = 1,5$ -	7,0 -	8,02 -
- $a = 1,8$ -	8,0 -	8,67 -
- $a = 2,3$ -	8,0 -	8,85 -
- $a = 2,9$ -	8,4 -	
- $a = 5,0$ -	8,0 -	
- $a = 8,5$ -	8,3 -	

s Maximum des Druckes trat diesesmal nach der Rechnung bei er Höhe der Schüttung von 2,13 Zoll ein und betrug 8,85 Loth.

Die Uebereinstimmung der Resultate bestätigt die Richtigkeit r gegebenen Erklärung, denn die Abweichungen liegen durchs innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

Um von der gegebenen Formel auf den vorliegenden Fall wendung zu machen, muss bemerkt werden, dass, wenn unter er ausgedehnten Sandschüttung ein Theil des Bodens schwächer terstützt ist, als die gleichmässige Vertheilung des Druckes lingt, alsdann diese Stelle nicht sogleich einsinkt, sondern ein eil des darauf treffenden Druckes sich seitwärts durch die ibung überträgt und der Boden hier wieder nur die Differenz ischen dem darüber befindlichen ganzen Gewichte und der Reing unterstützen darf. Wenn sonach in einem Gefässe, welches zur Höhe a mit Sand gefüllt ist, ein kreisförmiger Theil des dens, dessen Radius gleich r ist, ausgeschnitten und durch eine ssende Scheibe ersetzt wird, so trifft bei gleichmässiger Verilung auf letztere ein Druck gleich

$$r^2 \pi \gamma a$$

e Scheibe sinkt indessen noch nicht herab, wenn sie auch nur n Drucke

$$r \pi \gamma a (r - a n A)$$

iderstand leistet. Doch gilt dieses allein für kleinere Werthe n a, denn das Maximum des Druckes, das bei

$$a = \frac{r}{2 n A}$$

itritt, bezeichnet auch für höhere Schüttungen das Gewicht, weles auf dem Boden lastet, und sich nicht seitwärts überträgt. esselbe ist

$$= \frac{r^3 \pi \gamma}{4 n A}$$

Der Druck, dem die Scheibe Widerstand leisten muss, um Schüttung im Gleichgewichte zu erhalten, entspricht dem Gechte eines senkrechten Paraboloïds, aus dieser Sandschüttung bildet, das sich dem Umfange der Scheibe anschliesst, und desn Höhe gleich

$$\frac{r}{2 n A}$$

. Zu der erzeugenden Parabel gehört aber der Parameter

$$2 r n A$$

Bei Schüttungen, die nicht den Scheitel des Paraboloïds erreichen, ist der entsprechende Druck gleich dem Gewichte desjenigen Theiles dieses Paraboloïds, der innerhalb der Schüttung liegt.

Directe Versuche bestätigten die Richtigkeit dieser Schlussfolgen. In zwei Messingplatten, die nach einander den Boden der Schüttung bilden sollten, schnitt ich kreisförmige Oeffnungen von 0,379 und 0,727 Zoll Halbmesser ein, und schloss dieselben von unten durch genau passende Scheiben, die in den Mittelpunkten durch Hacken unterstützt waren, welche jedesmal an einen Arm einer Wage gehängt wurden. Die Scheiben und Oeffnungen mussten sehr sorgfältig bearbeitet sein, damit theils kein Klemmen erfolgte, theils aber auch kein Sandkörnchen in die Fuge drang. Auch mussten die obern Flächen in eine Ebene fallen. In die andre Schale wurde reichlich Sand geschüttet, um sicher das Gegengewicht zu bilden, dieses verminderte sich aber nach und nach, indem der Sand durch eine feine Oeffnung im Boden abfloss.

Die Schüttung, deren Druck ermittelt werden sollte, bestand aus dem eisenhaltigen Streusande, der aber nach sorgfältiger Reinigung etwas schwerer wurde. Der Cubikzoll wog 2,9 Loth. Die Messungen erforderten grosse Vorsicht, und namentlich musste dahin gesehn werden, dass die Ablagerung des Sandes recht gleichmässig war. Wenn die Höhe der Schüttung $\frac{1}{2}$ Zoll betrug, so war der Druck gegen die grössere Scheibe nahe dem Gewichte eines Cylinders von derselben Höhe gleich; ungefähr bei 1 Zoll Höhe erreichte der Druck aber schon seinen grössten Werth, so wie für die kleinere Scheibe bei $a = \frac{1}{2}$ Zoll. Die Reibung war in diesem Falle wesentlich anders, als bei Anwendung der Glasröhre, weil sie hier zwischen Sand und Sand erfolgte. Der Werth von $n\,A$ variirte zwischen 0,31 und 0,35.

Diese merkwürdige Eigenschaft des trocknen Sandes, dass sein Druck auf einzelne Stellen des Bodens, der höhern Schüttung oder fremden Belastung ohnerachtet, ein gewisses Maass nicht übersteigt, ist auch sonst bemerkt worden. Im Jahre 1829 machte Huber-Burnand die Entdeckung bekannt, dass die Sandmasse, welche durch eine Oeffnung am Boden eines Gefässes ausfliesst, von der Druckhöhe ganz unabhängig ist. Diese Erscheinung erklärt sich vollständig durch die obige Herleitung. Später stellte

Niel *) Versuche in grösserem Maasstabe über den Druck an, welchen Sandmassen auf eine Oeffnung im Boden von Gefässen ausüben und gelangte dabei zu Resultaten, welche sich ungefähr an die von mir gefundenen anschliessen, da jedoch die Specialien nicht vollständig mitgetheilt sind, so lässt sich der Vergleich nicht scharf durchführen. Niel erklärt die Verminderung des Druckes, die sich bei grösseren Höhen der Schüttung zu erkennen giebt, durch die Bildung von Gewölben in dem Sande; es lässt sich indessen durch eine solche Vorstellungsart die Erscheinung nicht weiter verfolgen und ausserdem ist diese Ansicht auch gewiss nicht richtig, denn die Sandkörnchen lagern sich beim Niederfallen nur in der Art, dass sie senkrecht unterstützt sind, aber keineswegs werden sie in jeder Richtung, wie die Steine eines Gewölbes sich gegen einander lehnen, wodurch sie gleich den Druck aufheben, der irgend eine freiwerdende Oeffnung im Boden trifft. Wenn die Bildung eines Gewölbes hier überhaupt denkbar wäre, so könnte sie erst eintreten, nachdem beim Ausweichen der darunter befindlichen Sandmasse die betreffenden Theilchen zusammengerückt sind.

Aus dem Angeführten rechtfertigt es sich, dass eine Sandschüttung, wie Fig. 141 dargestellt ist, den liegenden Rost ersetzen kann, sie wird zwar keineswegs einer Senkung überhaupt, oder auch nur einer ungleichmässigen Senkung vorbeugen, was man vom liegenden Roste gleichfalls nicht erwarten darf, aber sie wird eine feste Sohle der Baugrube darstellen, worauf man die Fundamentmauer aufführen kann, ohne die einzelnen Steine derselben der Gefahr auszusetzen, dass sie ungleichmässig versinken, und wenn überdies der Grund an einzelnen Stellen besonders weich oder die Belastung sehr gross sein sollte, so wird der Druck sich nach Maassgabe der Tragfähigkeit des Bodens vertheilen, wodurch ein theilweises Einsinken innerhalb gewisser Grenzen sicher vermieden wird. Die Wohlfeilheit und Dauer der Sandschüttungen sind bereits erwähnt worden. Die Schüttung gewährt noch einen andern Vortheil, dass sie sich nämlich fest lagert und alle Unebenheiten der Baustelle sehr genau ausfüllt; begiesst man sie aber mit Wasser, welches sich von oben nach

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. *II.* *p.* 192.

unten durch sie hindurchziehen muss, so wird sie um so compa
und man darf noch weniger ein Setzen des Sandes befürchten.

Eine wichtige Anwendung dieser Fundirungsart wurde
dem Canale St. Martin in Paris gemacht.*) Die Kaimauern lä
diesem Canale stellte man, so viel es möglich war, unmitte
auf den Kalkstein, den man gewöhnlich in einer nicht ga
grossen Tiefe antraf, doch zuweilen konnte man ihn nicht e
chen und man war alsdann gezwungen, die Mauer auf den
geschütteten und grossentheils sehr ungleichmässigen Grun
stellen. So sah ich (1823), den Fundamentgraben in der
fest anstampfen und darüber eine Sandschüttung von 1
Höhe aufbringen, worauf alsdann die Mauer unmittelbar aufg
wurde.**) Im Jahre 1830 stellte man ganz auf dieselbe A
Säulen der Vorhalle des Wachtgebäudes zu Bayonne auf
schüttungen, und im folgenden Jahre wurde ebendaselbst
Fundirungsart beim Bau eines Bastions auf aufgeschüttetem,
weichem Boden wiederholt. Der letzte Versuch zeigte ein
starkes und ungleichmässiges Setzen, was indessen davon
rührte, dass der lose Untergrund nicht überall gleich mächtig
an der einen Seite berührte die Sandschüttung beinahe d
wachsenen Boden, während sie auf der andern etwa 5 Fuss
entfernt blieb, und so geschah es, dass sie dort gar nic
hier sehr stark sank, was offenbar bei einem liegenden Rost
der Fall gewesen sein würde. In und bei Paris sind
noch vielfache Anwendungen dieser Fundirungsart gemacht
eine der wichtigsten unter denselben kam bei der Erbauu
Hauses eines Canalwärterts im sumpfigen Thale der Be
vor, wo der Boden aus Torf bestand: man brachte hi
2 Meter hohe Sandschüttung auf, welche das Gebäude au
alle Spuren einer ungleichmässigen Senkung trug. In
Fällen versuchte man es, der Sandschüttung durch Ueber
mit Kalkmilch eine grössere Cohäsion zu geben. Inwiefern
vortheilhaft gewesen sein mag, ist nicht bekannt geworden
aber bei Ausführung von grossen Bauten auf einem nat

*) *Sur la fondation sur sable. Note par Devilliers.*
des ponts et chaussées. 1835. *II. p.* 404.

**) Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. S. 169.

en Sandboden sich zuweilen ereignet, dass das Kalkwasser, ches zufälliger Weise verschüttet wird, den Sand zu einer en Masse verbindet, so mag in manchen Fällen und besonders wo man besorgen darf, dass starke Wassermassen sich durch-n, dieses Verfahren ganz angemessen sein; jedenfalls bildet se Modification schon den Uebergang zu den Fundirungen in on.

Man hat von den Sandschüttungen noch eine andere Anwen-g gemacht, die freilich nicht mehr dem liegenden, sondern mehr dem Pfahlroste entspricht, die jedoch mit dem Vorstehen-so nahe zusammenhängt, dass davon hier am passendsten Rede sein wird. Die Bauten im Arsenale zu Bayonne ver-gten wegen des losen Untergrundes einen Pfahlrost, und da n denselben nicht tief genug legte, so geschah es, dass die ähle und Schwellen mit der Zeit abgängig wurden und nicht Sicherheit gewährten, die man davon erwartet hatte. Dazu m noch, dass das Holz für die Pfähle sehr theuer war, und machte man den Versuch, diese Pfähle, nachdem sie eingerammt ren, wieder herauszuziehn und die Löcher, worin sie gesteckt tten, mit Sand auszufüllen. Aus Furcht, dass der Sand zu it versinken möchte, schlug man aber noch mittelst hoher Auf-zer Pfahlspitzen hinein, auf welchen also der Sand auflag. Auf in solcher Art gebildeten Sandcylinder stellte man unmittelbar untere Banket der Mauern, wie Fig. 142 zeigt. *) Dasselbe rfahren hat man auch später benutzt, jedoch mit dem Unter-iede, dass man das Eintreiben der Pfahlspitzen unterliess d statt des Sandes förmlichen Béton anwendete, den man fest stampfte.

Gegen diese Darstellung von Sandsäulen lässt sich gewiss nches erinnern, denn obgleich sie eine etwas festere Unter-tzung gewähren mögen, als wenn man die Mauern unmittelbar f den nachgiebigen Boden stellt, so können sie doch kaum vor einfachen Sandschüttung einen Vorzug haben. Der Vortheil r Wohlfeilheit verschwindet hierbei aber in hohem Maasse, wenn cht ganz, indem die Arbeit des Rammens gewöhnlich beinahe en so theuer ist, als der Ankauf der Pfähle, und das Arbeits-

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. *II. p.* 172.

lohn für das Ausziehn derselben ihrem Werthe schon sehr
kommt. Die Sandsäulen werden aber wegen ihrer verhä
mässig sehr grossen Oberfläche sich kaum so fest darstellen l
dass sie bei der Belastung nicht eingedrückt würden, und
sie alsdann ihren Durchmesser vergrössern, so drängen si
in den umgebenden Boden hinein.

Endlich muss hier noch von den Steinschüttunge
Rede sein, die man zuweilen anwendet, um grosse Bau
darauf zu stellen, sie finden indessen nicht sowohl bei einem
und nachgiebigen Baugrunde ihre Anwendung, als vielme
wo die Wassertiefe sehr gross ist und der Wellenschlag
andere Fundirungsart sehr schwierig macht. Die wichtigste
spiele dieser Art sind bei Seehäfen vorgekommen. So wur
Damm, der die Rheede von Cherbourg sichert, durch ein
Steinschüttung gebildet, doch zeigten die eben daselbst gem
Erfahrungen, dass solche Werke, wenn sie einem starken W
schlage ausgesetzt sind, keinen sichern Untergrund bilden,
die in der Mitte dieses Dammes angelegte Batterie wurde
wenig Jahren bei einem heftigen Sturme vollständig zerstör
welcher Art man durch Anwendung von grossen Steinen und
recht flache Dossirungen dergleichen Steinschüttungen geg
Wellenschlag sichern kann, soll später bei Gelegenheit de
ufer- und Hafenbauten auseinandergesetzt werden. Es i
hier zu erwähnen, dass man zuweilen auch grosse Bauwer
regelmässig versenkte Steinblöcke fundirt hat.

Ein Fall dieser Art kam bei Inverness vor. Man
daselbst einen Hafendamm *(Pier)*, der zum Anlegen der
bestimmt war, im Ness-Flusse erbauen, und indem die Ge
ziemlich beschränkt waren, so schlug Telford die folgende
thümliche Construction vor, die auch wirklich gewählt wurd
Flussbette, welches 4 Fuss unter den niedrigsten Ebben l
stand aus einer festen Ablagerung von grobem Kies un
und der Hafendamm, an dessen innerer Seite die Schiff
dem Wellenschlage gesichert, zur Zeit des Hochwassers
sollten, erhielt die Länge von 160 Fuss und die Breite von
Der Anfang wurde damit gemacht, dass man in der Richtu
Dammes das Bette 2 Fuss tief ausbaggerte. Alsdann wu
jeder Seite in 20 Fuss Abstand von einander schwache

von 12 Fuss Länge eingerammt, und je zwei gegenüberstehende Pfähle verband man in Höhe der gewöhnlichen Ebben durch seitwärts angenagelte Bohlen und schnitt die vorstehenden Pfahlköpfe ab. Auf diese Bohlen nagelte man Halbhölzer, welche die Holme für die Pfahlreihen bildeten. An der innern Seite dieser Holme rammte man endlich in weiten Zwischenräumen von 10 bis 12 Zoll schlechte Dielen ein, die nur wenige Zolle tief in den Boden eindrangen. Auf solche Art war der ganze Raum, der massiv ausgemauert werden sollte, umschlossen, und nunmehr versenkte man darin die regelmässig bearbeiteten Steine, indem man sie möglichst genau schliessend an einander stellte und durch Abwechselung der Fugen auch für einigen Verband sorgte. Das Versenken geschah mittelst der später zu beschreibenden Vorrichtung, der Wolf genannt, wodurch jeder Stein nur in seiner Oberfläche gefasst und selbst unter Wasser leicht gelöst werden konnte. Nachdem mehrere Schichten grosser Werkstücke so versetzt waren, erreichte man den Wasserstand der Ebbe und der folgende Theil des Baues wurde als gewöhnliches Mauerwerk in Mörtel ausgeführt. Im Jahre 1815 hatte man den Damm erbaut, und das Werk hielt sich so gut, dass vier und zwanzig Jahre später noch keine Spur von einer Beschädigung sich darin zu erkennen gab.*)

Für den Hafendamm bei Ardrossan wählte Telford eine etwas abweichende Fundirungsart. Die Unebenheiten, welche der Felsboden hier zeigte, wurden durch Schichten von aufrechtgestellten Steinblöcken von 6 bis 10 Fuss Höhe und 3 Fuss Breite ausgeglichen. Diese Blöcke versetzte man mit der Teufelsklaue unter Wasser und zwar so, dass sie sämmtlich sich gegen einander lehnten und deshalb eine schräge Stellung erhielten. Von aussen umgab sie eine Schüttung grosser Steine.

Dass man auf weichen und thonigen Untergrund zuweilen eine Lage von Steinen bringt, die gewöhnlich 3 bis 4 Zoll im Durchmesser haben, und dieselben fest einrammt, ist bereits erwähnt worden. Es findet hierbei indessen auch eine Verbreitung der tragenden Fläche statt, wenn das Pflaster an beiden Seiten

---

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. VI. p.* 17. Daselbst ist auch der Hafendamm bei Ardrossan beschrieben.

vor das Fundament tritt, und es geschieht auch, dass m[illegible] rere solche Steinschichten möglichst geschlossen über [illegible] legt, sie jedesmal fest einrammt und die Fugen mit Sa[illegible] füllt, worauf man endlich durch Einschlämmen von Sa[illegible] diejenigen Räume zu dichten sucht, die vielleicht offen g[illegible] waren.*) Es ist nicht zu vermuthen, dass diese Metho[illegible] Vorzug vor der oben beschriebenen Sandschüttung habe[illegible]

§. 35.

Der Pfahlrost.

Der Pfahlrost findet seine eigentliche Anwendung, w[illegible] feste Boden, der mit Sicherheit das Gebäude tragen wür[illegible] nicht so hoch erhebt, dass man ihn unmittelbar mit dem [illegible] mente erreichen kann, sondern noch eine lose Erdschich[illegible] schen liegt, die keinen sichern Baugrund bildet. Indem di[illegible] die letztere durchdringen und mit ihrem Fusse auf de[illegible] Schicht aufstehn, oder in dieselbe eingreifen, so übertr[illegible] auf diese den Druck des Gebäudes und geben diesem [illegible] eine sichere Unterstützung. Häufig wendet man indes[illegible] Pfahlrost auch da an, wo der Baugrund durchweg von [illegible] mässiger Beschaffenheit ist, oder wo die Spitzen der Pfäh[illegible] festere Schichten erreichen, als diejenigen sind, welche si[illegible] durchdrungen haben. In diesem Falle kann nur die [illegible] welche das umgebende Erdreich gegen die Pfähle aus[illegible] Vermehrung des Widerstandes erzeugen, und man pflegt [illegible] Leichtigkeit, womit der Pfahl unter der Ramme eindringt [illegible] Grösse der Last zu schliessen, welche man darauf stell[illegible] Im Folgenden wird die Tragfähigkeit der Grundpfähl[illegible] untersucht werden, zunächst aber ist die Anordnung de[illegible] rostes und seine Construction zu beschreiben.

Für den Pfahlrost gilt die Bedingung, welche für de[illegible] den Rost bereits angeführt ist, dass er nämlich immer [illegible] dem Grundwasser sich befinden muss. Man weicht v[illegible] Regel zuweilen insofern ab, als man annimmt, dass d[illegible]

*) Crelle's Journal, Bd. III. S. 484.

…er, wenn er vor dem Zutritte der Luft geschützt ist, nicht schnell austrocknet und namentlich erwartet man dieses von …r zähen thonigen Erde. Ein Beispiel hiervon giebt die in …erer Zeit erbaute Victoriabrücke über den Fluss Wear auf der …rham-Verbindungseisenbahn, wo man den Pfahlrost des lin… Widerlagspfeilers für den 100 Fuss gespannten Bogen auf … hohen Ufer etwa 50 Fuss über dem Wasserspiegel angebracht … Dergleichen Abweichungen haben indessen häufig sehr un…genehme Verlegenheiten herbeigeführt, und vielfach ist es ge…sehn, dass Gebäude allein aus diesem Grunde abgetragen werden …ssten. Die Vergänglichkeit eines solchen Rostes zeigt sich …r nicht nur in einem leichten Boden und in grosser Höhe …er dem Wasser, sondern zuweilen auch an solchen Stellen, wo …n vollständiges Austrocknen des umgebenden Grundes stattfindet. … dem sumpfigen aufgeschwemmten Boden einer Niederung und …ar in der Tiefe von 8 Fuss unter der Oberfläche des Terrains …d nur in geringer Höhe über dem Wasserspiegel des nahege…genen Flusses, sah ich das Holz eines Rostes vollständig ver…hrt, so dass man leicht mit einem Stocke hindurchstiess. Wenn … sich aber trifft, dass man bei einem alten Gebäude eine solche …passende Lage des Rostes entdeckt, die seine Zerstörung in …rzem erwarten lässt, so muss man Sorge tragen, durch eine …hte Umgebung mit fetter Thonerde ihn möglichst sicher zu …llen: es ereignet sich dieser Fall nicht selten bei den Funda…nten der Brückenpfeiler, und man pflegt in solchem Falle durch …undwände ringsumher einen Kasten darzustellen, der mit einem …onschlage gefüllt wird. Es mag hier auch noch an die Er…rung erinnert werden, die man in Bayonne gemacht hat und … eben zu der früher erwähnten Anwendung des Sandes Veran…sung gab. Die Rostschwellen von Kiefernholz hatten, obgleich … in der Höhe des mittleren Wasserstandes lagen und einen Fuss …rk waren, doch so gelitten, dass sie beim Aufschlagen mit einer …lechten Axt in eine Menge Splitter zerbrachen, und kleine fich…e Pfählchen, die wahrscheinlich zur Befestigung des Grundes …getrieben waren, konnte man mit dem Spaten durchstechen. …ch diesen Erfahrungen, die sich oft genug wiederholen, darf …n wohl annehmen, dass es jedesmal ein sehr gewagter Versuch …, einen Rost, der über dem niedrigsten Wasserstande liegt, be-

ständig nass zu erhalten und ihn vor Fäulniss oder vor Verrottung
zu sichern. Bei Neubauten muss es daher immer als Regel
gelten, eine solche Gefahr nicht eintreten zu lassen und den Rost
so tief zu legen, dass er unter allen Umständen stets vom Grund-
wasser bedeckt bleibt.

Die Holzart, die zu den Pfählen vorzugsweise gewählt
wird, ist Kiefernholz, doch ist auch die Anwendung des Eichen-
holzes, wo dasselbe wohlfeil zu haben ist, nicht ungewöhnlich,
sowie man auch Ellern-, und jedes andere feste Holz dabei zu-
weilen benutzt.

Es ist schon früher (§. 33) darauf aufmerksam gemacht
worden, dass jedes Fundament in derjenigen Richtung den hin-
reichenden Widerstand leisten muss, in welcher der Druck wirkt.
Diese Regel findet eine ganz besondere Anwendung auf den Pfahl-
rost, und namentlich in dem Falle, wenn die Pfähle den festen
Grund nur mit der Spitze erreichen und mit dem grössten Theile
ihrer Länge in losem Boden stehn, oder wenn sie vielleicht soge-
nannte Langpfähle bilden, welche den Rost weit über dem Boden
tragen, wie bei Brücken zuweilen vorkommt. Wie wichtig die
Vorsicht in dieser Beziehung ist, hat sich besonders an der bereits
erwähnten massiven Brücke über die Loire bei Tours gezeigt.
1765 begann der Bau, 1777 stürzte schon ein Pfeiler ein und
man schrieb die Schuld der schlechten Beschaffenheit der Grund-
pfähle zu, die drei Jahre lang nach der Ablieferung auf dem
Bauplatze gelegen hatten. Das wichtigste Ereigniss trat aber im
Jahre 1789 ein, nämlich beim Eisgange wurden vier Brückenbogen
zerstört. De Cessart meint, dass der Stoss des Eises sie um-
worfen habe, doch ist dieses nach den Untersuchungen, die Beau-
moulin darüber anstellte *), nicht richtig, denn die Brücke stand
noch acht Stunden, nachdem der Eisgang aufgehört hatte, als sie
plötzlich etwa auf den dritten Theil ihrer Länge zusammenstürzte.
Die Ursache davon lag aber in den Rostpfählen, die nicht gehörig
unterstützt waren. Der feste Felsgrund (ein Tufstein) erreicht
gerade an dieser Stelle seine grösste Höhe, und um das Einram-
men der Pfähle zu erleichtern, hatte man die Baggerung so weit
getrieben, dass die Pfähle nur 4 Fuss im aufgeschwemmten Boden

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II.* *p.* 86 ff.

steckten, der ihnen allein einige Haltung geben konnte, denn ihre Spitze stand lose auf dem Felsen auf. Einige Ausspülung, die beim Eisgange eingetreten sein mochte, raubte ihnen alle Haltung und sie fielen seitwärts um.

Auch bei einem gleichmässigen Grunde, der in seinen obern Schichten nicht besonders lose ist, bleibt der Widerstand, welchen die Pfähle einem Seitwärtsschieben und einem Verbiegen entgegensetzen, ziemlich unbedeutend, und es kommt daher darauf an, einem solchen Erfolge durch andere Mittel vorzubeugen. Hierher gehört zunächst die möglichst innige und solide Verbindung des ganzen Rostes, und wenn es geschehn kann, auch die gegenseitige Verbindung der verschiedenen Roste, die unter den einzelnen Theilen des Gebäudes liegen. So ist es z. B. sehr vortheilhaft, die Roste unter den beiden Widerlagern eines Bogens mit einander zu verankern. Es können indessen auch in anderer Art Trennungen erfolgen: hierher gehört der Fall, wenn Chausseebrücken, die in sumpfigen Wiesen auf Pfahlrosten erbaut sind, hohe Aufschüttungen tragen, oder solche sich wenigstens an ihre Stirnpfeiler lehnen, wobei ein Auseinanderreissen des Rostes unter dem Pfeiler denkbar und nicht ohne Beispiel ist. Indem die schweren Dämme in den Boden sinken, so drängen sie den weichen Untergrund nach beiden Seiten fort, der daselbst auch oft sehr merklich emporsteigt; während er diese Bewegung von der Mittellinie der Strasse nach beiden Seiten annimmt, so schiebt er auch gegen die Pfähle des Rostes, und es ist schon der Fall vorgekommen, dass eine gewölbte Brücke unter diesen Umständen, ohne sich zu senken und ohne in den Widerlagern auszuweichen, ihrer Länge nach spaltete und zwei von einander ganz getrennte Bogen bildete.

Demnächst möchte es in manchen Fällen ganz angemessen sein, zur Seite des Rostes, wo ein Ausweichen zu besorgen ist, Reihen von Pfählen schräge einzurammen, welche die Stelle von Streben vertreten. Man hat dieses Mittel in England mehrfach angewendet. So liess Telford die äussern Pfahlreihen an beiden Seiten der Eingangsschleuse zur St. Katharine's Docke etwa unter einem Winkel von 25 Graden gegen das Loth einrammen.

Endlich aber ist der Fall besonders wichtig, dass manche Theile der Gebäude oder ganze Gebäude schon vermöge ihrer

Anordnung einer starken horizontalen Pressung ausgesetzt sind, und da eine solche nicht aufgehoben werden kann und folglich auf das Fundament übergeht, so genügt es nicht, den Rost normal gegen die Richtung der darauf wirkenden Mittelkraft zu legen (die sich aus den horizontalen und verticalen Pressungen zusammensetzt), sondern die Pfähle selbst müssen auch dieser Kraft parallel eingerammt werden. Man hat in England dieses Verfahren in neuerer Zeit häufig angewendet. So wurden schon die Rostpfähle unter den Stirnpfeilern der Southwark und der neuen London-Brücke schräge eingerammt und man findet mehrfache Beispiele dafür unter den neuesten englischen Brückenbauten. Für die Roste der Kaimauern, welche durch den Druck der Erde eine horizontale Pressung erleiden, ist die schräge Stellung der Pfähle sogar ganz gewöhnlich geworden. Fig. 143 zeigt die Fundirung des einen Widerlagspfeilers der neuen London-Brücke *) und es muss dabei bemerkt werden, dass die an der innern Seite vorgerammte Spundwand gegen den Lehrbogen verstrebt wird, weil sonst die Gefahr eintreten möchte, dass gleich beim Bau die ersten Schichten des Pfeilers herabgleiten, denn die horizontale Pressung, welche sie dagegen sichert, tritt erst ein, sobald der ganze Bogen geschlossen und ausgerüstet ist. Die Spannung der Bogen dieser Brücke beträgt 130 bis 152 Fuss. Fig. 144 stellt dagegen das Profil der Kaimauer dar, welche die Verbindungsdocke in Hull umgiebt. **)

Was die Construction des Pfahlrostes betrifft, so kommen dabei wieder sehr bedeutende Abweichungen vor. Die Pfähle werden reihenweise eingerammt und tragen die darüber gestreckten Rostschwellen, letztere aber pflegt man nicht nur mit dem Bohlenbelage zu bedecken, sondern auch durch Zangen unter einander zu verbinden, so dass die einzelnen Schwellen sehr sicher zusammengehalten werden. Fig. 145 zeigt diejenige Anordnung, welche bei uns die gewöhnlichste ist. Die Entfernung der Pfahlreihen von einander, und zwar von Mitte zu Mitte gerechnet, beträgt nach dem Gewichte der darauf gestellten

*) *A practical treatise en bridge-building by Cresy.* London 1839.

**) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. pag.* 34.

Mauern $2\frac{1}{2}$ bis 4 Fuss; die Entfernung der einzelnen Pfähle in jeder Reihe ist aber gewöhnlich etwas grösser. Die Pfähle werden jedesmal mit Zapfen versehn, und um diese genau in gleicher Höhe anzubringen, lässt man das Wasser in der Baugrube so hoch steigen, als die obere Fläche der Zapfen liegen soll. Diese Höhe wird an allen Pfählen bezeichnet, und nachdem das Wasser wieder gesenkt ist, schneidet man die vorstehenden Enden der Pfähle ab und schnürt darauf die Zapfen von 2 bis 3 Zoll Breite und 6 Zoll Länge ab, die alsdann in einer Höhe von 3 bis 4 Zoll ausgeschnitten werden. Diejenigen Pfähle, worauf die Schwellen gestossen werden, erhalten aber möglichst lange Zapfen, man giebt denselben nämlich beinahe die ganze Breite des Pfahles zur Länge, damit die Schwellen vor dem Ausweichen nach der Seite gehörig gesichert sind. Diese Schwellen oder diejenige Verbandstücke, die unmittelbar auf den Pfählen ruhn, pflegt man so anzuordnen, dass sie möglichst viele Pfähle treffen, sie erstrecken sich daher gemeinhin nach der Länge des Baues, woher man sie auch Langschwellen nennt. Man versieht sie nur mit Zapfenlöchern für die Zapfen der Pfähle, ohne sie darauf weiter zu befestigen, indem ein Abheben ganz undenkbar ist. In ihren Stössen kann nicht füglich ein Hakenkamm, wie bei dem liegenden Roste, angebracht werden, weil die Zapfen der Pfähle hier liegen, und sonach diejenige Stelle in der Schwelle, wo gerade die meiste Tragfähigkeit erforderlich ist, nicht gehörig sicher wäre. Bei dem liegenden Roste kommen solche besonders stark belastete Stellen nicht vor, indem derselbe an seiner ganzen untern Fläche und selbst gegen den Bohlenbelag unterstützt wird, während beim Pfahlroste die Pfahlköpfe allein die tragenden Flächen bilden und die Schwellen den ganzen Druck der Mauer auf diese übertragen. Aus diesem Grunde werden die Schwellen in den Stössen nur stumpf abgeschnitten, und erhalten die nöthige Verbindung durch eiserne Klammern, oder noch besser durch eiserne Schienen, die seitwärts aufgenagelt werden, doch ist dabei zu bemerken, dass, wenn diese Schienen einige Sicherheit gewähren sollen, sie wenigstens $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Zoll stark sein, auch mit starken Nägeln von 8 bis 9 Zoll Länge befestigt werden müssen. Man schlägt diese Nägel so ein, dass man sie beim Einstellen

mit der Spitze an den äussern Rand des Nagelloches dri
wodurch sie beim ferneren Eindringen wegen ihrer zunehme
Stärke die Schiene nach der Seite oder die Schwelle nach
Stosse hin pressen: auf diese Art kommen die beiden Schw
möglichst nahe zusammen. Dass die Stösse in den Schw
wieder gehörig abwechseln müssen, darf kaum erwähnt wer

Die sämmtlichen nebeneinanderliegenden Schwellen erh
demnächst ihre Verbindung unter einander durch eine zweite
von Verbandstücken, welche sie rechtwinkelig kreuzen; di
sind die sogenannten Zangen oder Querschwellen.
Verschieben der letztern nach der Länge der Rostschwelle
gewöhnlich ganz undenkbar und wird überdies durch die zwis
liegenden und aufgenagelten Bohlen verhindert. Die Sch
darf also gar nicht eingeschnitten werden und die Uebersc
dung wird allein in der Zange angebracht, wodurch die
schwellen schon im gehörigen Abstande von einander ge
werden. Eine möglichst sorgfältige Ausfüllung und bei wic
Bauten eine Ausmauerung des Raumes in den Rostfelde
auch hier nothwendig. Gewöhnlich hebt man, nachdem die
eingerammt sind, den Grund noch 1 bis 2 Fuss unter dem
aus, wodurch das Anschneiden der Zapfen erleichtert wird
bringt einen tüchtigen Lehmschlag darüber an, auf welche
Ausmauerung ruht, die zwischen den Schwellen bis zu
oberer Fläche hinaufreicht. In Fig. 145 *d* ist eine solch
ordnung dargestellt, wobei der Rost wieder eine ebene
bildet: die Zangen sind nämlich so weit eingeschnitten,
sie nur die Stärke der Bohlen behalten und sind sonac
diesen bündig. Es rechtfertigt sich eine solche Anordnun
sofern, als bei einer gleichmässigen Vertheilung des D
die Zangen keine grössere Last zu tragen haben, als die
len; die Bohlen selbst müssen jedoch in diesem Falle a
stark gewählt werden, dass sie mit Sicherheit den Druck
können und nicht etwa zwischen den Balken brechen. E
ist zu erwähnen, dass die Bohlen auch hier fest gen
werden. Die ganze beschriebene Anordnung ergiebt sic
Fig. 145: *a* ist nämlich der Grundriss des Rostes in de
schiedenen Bauperioden, und da, wo die Schwellen noch
mit den Zangen versehn sind, liegt eine der letzteren umg

darüber. Fig. 145 *b* ist die Ansicht von der Seite und *c* und *d* sind zwei Querschnitte, von denen der erste durch eine Zange und der letzte durch eine Bohle gelegt ist.

Wenn gleich die beschriebene Construction bei uns die üblichste ist, so kommen doch manche Modificationen vor, die in Fig. 146 dargestellt sind. Zunächst bemerkt man hier, dass die Pfähle in den einzelnen Reihen sich nicht gegenüber stehn, sondern versetzt sind. Dieses begründet sich dadurch, dass die Pfähle bei gleicher Entfernung von einander auch eine gleichmässige Compression des Bodens bewirken und dass man hierdurch ein besonders schwieriges Einrammen verhindert. Durch die zuerst eingerammten Pfähle wird nämlich schon der Boden ringsumher verdichtet und das Eindringen der folgenden erschwert, und zwar geschieht dieses in einem um so stärkeren Grade, je näher die Pfähle neben einander stehn. Der Widerstand, den die letzten Pfähle dem Eindringen entgegensetzen, bezeichnet aber keineswegs ihre Tragfähigkeit, denn nach und nach gleicht sich die im Boden hervorgebrachte Spannung einigermaassen wieder aus, und alsdann giebt sich leicht die schwache Stellung desjenigen Pfahles zu erkennen, der sehr nahe an einem andern eingerammt wurde. Dass die versetzten Pfähle nicht immer unter die Zangen treffen, ist klar, doch bleibt dieser Umstand in Bezug auf die Festigkeit des Rostes ziemlich gleichgültig. Ferner ist in der letzten Figur auch noch eine andere Verbindung der Zangen gegen die Schwellen, nämlich mit einer geringen Verkämmung, dargestellt. Der Bohlenbelag liegt hier tiefer als die Oberfläche der Zangen, was nach der früheren Bemerkung keineswegs als nachtheilig angesehn werden darf. Diese Construction könnte noch einigen Vortheil in Bezug auf die Festigkeit gewähren, indem solche Zangen nicht so leicht einbiegen und daher etwas kräftiger die Bohlen unterstützen.

Endlich muss bemerkt werden, dass man bei einer Veränderung in der Richtung des Rostes dieselben Verbandstücke, welche für einen Theil Schwellen waren, in dem andern als Zangen übergreifen lässt, ebenso wie dieses Fig. 139 für den liegenden Rost dargestellt ist.

Beim Pfahlroste ist die Anwendung einer Spundwand sehr

gewöhnlich. Ihr Zweck ist wieder kein anderer, als derjeni
der schon für den liegenden Rost angedeutet wurde, nä
einmal die Verminderung des Wasserzudranges während der B
und sodann die Zusammenhaltung des Erdkörpers, welcher
Gebäude tragen soll. Da aber hier ein tieferes Einsinken
fernere Compression des Bodens gar nicht stattfinden darf
ist eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Roste
mehr als nachtheilig anzusehn und man erreicht dadurch
den Vortheil, dass man auch unter dem Roste Spundw
anbringen kann, die das Durchdringen der Quellen sehr
verhindern, besonders wenn man sie mit einem festen
schlage versieht. Dieses ist vorzugsweise in dem Falle w
wenn das Gebäude ein Wehr oder eine Schleuse ist oder
haupt einen höheren Wasserstand gegen einen tieferen be
und als Stauwerk dient.

Wenn der letzterwähnte Fall nicht eintritt und die S
wand nur den Rost umgeben soll, so erhält sie die pass
Stelle ausserhalb der vordern Pfahlreihe, weil sie
für die sämmtlichen Pfähle die erwähnten Vortheile herbe
kann, und man thut sogar wohl, sie nicht gar zu nahe a
zu stellen, weil das Eindringen derselben sonst durch sie
erschwert werden würde. Jedenfalls muss mit dem Ein
der Spundpfähle der Anfang gemacht werden, da diese i
bereits stark comprimirten Boden nicht leicht regelmäs
tief genug eindringen, man lässt sie aber einige Fu
über den Rost vorragen, so dass der dahinter angebracht
schlag die Stelle eines niedrigen Fangedammes versiel
Zangen und Bohlen des Rostes treten so weit vor, dass
zur Spundwand reichen und sonach die ganze eingesc
Erdmasse, sowie auch den Thonschlag und dessen Ueb
rung vollständig bedecken. Fig. 147 Taf. XIV. zei
Anordnung: die schwache Spundwand ist mit keinem
baume (so nennt man die Schwelle, welche auf der Sp
ruht und worin die zusammenhängenden Zapfen an den
der sämmtlichen Spundpfähle eingelassen sind) verseh
vielmehr nur durch die an beiden Seiten dagegen lehnen
mit einander verbolzten Zangen zusammengehalten. I
Fällen ist es jedoch nicht statthaft, die Spundwand vor

-treten zu lassen und bei einer grösseren Stärke der ersteren
nn man auch den Fachbaum nicht füglich entbehren; die An-
dnung, die man alsdann zu wählen hat, zeigt Fig. 148. Der
chbaum liegt hier neben dem Grundbalken und ist durch
hraubenbolzen mit ihm verbunden, während die Bohlen und
ngen bis zu seinem äussern Rande reichen, also einen Theil
s Druckes auf ihn übertragen. Die Zangen werden alsdann
f dieselbe Art, wie Fig. 146 zeigt, überkämmt, und nur wo
e auf dem Fachbaume aufliegen, müssen sie ausgeschnitten
rden, da man den letztern nicht schwächen mag.

Die ganze Construction vereinfacht sich wesentlich, wenn
an die Spundwand mit der äussern Pfahlreihe verbindet und
e Rostpfähle in der letzten mit Nuthen versieht, welche als
thpfähle schon die Stelle einzelner Spundpfähle vertreten. Man
spart alsdann auch den Fachbaum, da dieser mit der äussern
stschwelle zusammenfällt. Diese Anordnung ist besonders in
ankreich üblich; Fig. 149 stellt sie im Grundrisse dar, sie
indessen insofern bedenklich, als die Spundwand, welche
h zur Sicherung der festen Stellung der Rostpfähle ange-
cht wird, auf die äussere Reihe derselben ihren Einfluss
ssentheils verliert. Ausserdem wird aber die Ausführung einer
undwand, die auf solche Art durch einzelne stärkere und tie-
eindringende Pfähle unterbrochen wird, sehr erschwert. Zu-
len stellt man die Spundwand sogar innerhalb der äussern
stpfähle, um ihr eine mehr gesicherte Lage zu geben. Die-
ist z. B. bei der Kaimauer Fig. 144 geschehn. Eine solche
ordnung ist indessen nicht zu billigen, denn wenn die erste
hlreihe ohne die Spundwand schon gehörig gesichert ist, so
d dieses von den folgenden eben so gut gelten und die Spund-
nd ist überflüssig. Endlich muss noch erwähnt werden, dass
n zuweilen auch die vordere Pfahlreihe ganz fortlässt und
ür nur die Spundwand anbringt, wie dieses z. B. bei der
schliessungsmauer der Humber-Docke zu Hull geschehn ist
d wie Fig. 154 zeigt.

Unter den Abweichungen gegen die beschriebene Construc-
nsart des Pfahlrostes muss zunächst die Weglassung der
ngen erwähnt werden, die in Frankreich, England und
lland sehr gewöhnlich ist. Beim liegenden Roste hatten die

Querschwellen (Unterlager) offenbar den Zweck, ein ungleichmässiges Setzen zu verhindern: sie sollten den Druck, den eine Stelle des Grundes nicht Widerstand leisten kann, auf die nächsten übertragen. Beim Pfahlroste dagegen kann ein solches Einsinken nicht erfolgen, indem jeder einzelne Pfahl gehörig fest stehn und sonach jede Rostschwelle überall hinreichend unterstützt sein soll. Die Ausgleichung des Druckes ist daher hier nicht erforderlich und die Zangen dienen sonach nur dazu, dem Ausweichen der Rostschwellen nach der Seite entgegenzuwirken und dieselben immer in gleichem Abstande von einander zu erhalten. Die Tendenz zu einer solchen Bewegung ist in den meisten Fällen gar nicht vorhanden und zum Theil wird ihr schon durch die Befestigung des Bohlenbelages begegnet, der auf die Schwellen genagelt wird. Aus diesem Grunde ist die Fortlassung der Zangen in den meisten Fällen gerechtfertigt. Um einige Beispiele hiervon zu geben, ist Fig. 150 *a* und *b* im Längendurchschnitte und im Grundrisse die Fundirung einer massiven Brücke dargestellt, welche im Anfange dieses Jahrhunderts bei Catwijk aan den Rhijn bei Leyden für den grossen Entwässerungscanal von Süd-Holland durch Blanken projectirt wurde und demnächst zur Ausführung gekommen ist. Die Brücke hat 60 Fuss Spannung, 10 Fuss Pfeilhöhe, die Rostschwellen erstrecken sich von dem einen Widerlager bis zum andern und sind jedesmal unter dem Bogen noch durch zwei Pfähle unterstützt. Auf diesen Schwellen liegt der Bohlenbelag und dazwischen befindet sich nur eine einzige Zange, welche aber 6 Zoll hoch vorsteht und einen sehr sichern Stützpunkt gegen den horizontalen Schub des Bogens bildet. *)

In England kommen bei den Pfahlrosten zuweilen Zangen vor, wie Fig. 143 für die neue London-Brücke zeigt; ebenso sind sie auch beim Fundamente der Waterloo-Brücke vorhanden, gewöhnlich fehlen sie aber. Fig. 151 *a* und *b* zeigt im Grundrisse und im Querschnitte das Fundament eines Mittelpfeilers der Staines-Brücke über die Themse **); dabei findet gege

*) Vergleiche den Rapport über die Eröffnung der Rheinmündung bei Catwijk op Zee; vom 16. März 1802.

**) Cresy, *practical treatise on bridge-building.* Taf. 19.

ben beschriebene Construction des Pfahlrostes auch noch Unterschied statt, dass die Schwellen nach der Quere des ers gerichtet sind, also die kürzeren Dimensionen der Mauer Länge erhalten. Sodann stellt Fig. 152 *a* und *b* die Kai-r zu Aberdeen dar, die Telfort erbaute *), wobei die en gleichfalls fehlen und sogar unter den schmalen Ver-ungspfeilern nicht vorkommen.

Perronet wendete die Zangen zuweilen an, wie bei der Brücke antes, gewöhnlich liess er sie aber fort, wie bei denen zu Maxence, Chateau-Thierry und Neuilly. Da die letztere nders den Ruhm ihres Erbauers begründete, so ist die da-ewählte Anordnung des Pfahlrostes Fig. 153 *a* und *b* durch Grundriss und Querschnitt eines Pfeilers nachgewiesen, ich aber bemerken, dass die Zeichnungen im Perronetschen e ihrer sonstigen Sauberkeit unerachtet dennoch wegen des en Maasstabes diesen Theil des Baues nicht ganz überein-end und also zum Theil unrichtig darstellen. Durch Ver-ung des Anschlages mit der Beschreibung des Baues und llen Zeichnungen ergab sich diejenige Construction, die mitgetheilt ist. Die äussern Grundschwellen bilden einen lossenen Rahmen, der den ganzen Rost umgiebt, und sind ll höher als die innern Schwellen: ihre Oberfläche trifft in die Ebene des Bohlenbelages, der auf den Querschwellen gt. Um die Bohlen, die zuweilen auch schräge verschnit-ind und deren Ende daher nicht immer auf Querschwellen n, gehörig zu unterstützen, sind jene äussern Schwellen alzen versehn, worin die Enden der Bohlen und überhaupt äussere Rand des Bohlenbelages aufliegt. Es ist nicht zu nnen, dass der letztere hierdurch eine sehr gesicherte Lage t. Ausserdem ist der Rahmen und der ganze Rost noch rch verbunden, dass die Querschwellen schwalbenschwanz-g in den erstern verkämmt und die Enden der äussern ellen gegenseitig überblattet sind. Eine Spundwand kommt nicht vor. Aehnliche Anordnungen wiederholen sich häufig ankreich **), doch gemeinhin giebt man den innern Schwel-

) *Life of Telford.* S. 134. Taf. 35.

) Mehrere Beispiele dafür befinden sich in der *Recueil de dessins* *ifs à l'Art de l'Ingénieur.*

len dieselbe Höhe, wie den äussern, so dass die Bohlen parall
mit den letztern sich über beide erstrecken. In diesem Fall
pflegt man die schwalbenschwanzförmige Verkämmung und
Einrahmung des ganzen Rostes beizubehalten, und es lässt sich
nicht leugnen, dass hierdurch die Ausmauerung der Felder se
erleichtert wird. Die bei uns gewöhnliche Anwendung der Zan-
gen, und zwar ebensowohl wenn sie mit den Rostschwellen bünd
dig, als wenn sie vor denselben vorstehend verlegt werden, ist
aber in Frankreich keineswegs unbekannt. *)

In England fehlen nicht nur sehr häufig die Zangen, son-
dern man ersetzt auch oft die Rostschwellen durch Halbhölzer
und selbst durch Bohlen. Hughes **) beschreibt die Ausfüh-
rung des Pfahlrostes in dem er sagt, man müsse die Pfahlköpfe
horizontal abschneiden, etwa einen Fuss darunter den Boden
ausgraben und diesen Raum bis zum Niveau der Pfahlköpfe mit
Steinstücken und Mörtel (also Béton) wieder anfüllen; alsdann
solle man Bohlen von Eichen, Buchen oder Ellern von 4 bis
6 Zoll Stärke über die Pfahlköpfe legen und mit eisernen Nä-
geln, Bolzen oder mit Nägeln von hartem Holze daran befe-
gen. Er führt weiter an, dass es üblich sei, eine Bohlenl
von gleicher Stärke, und zwar dicht schliessend, über d
Bohlen zu verlegen und darauf das Mauerwerk zu stellen. A
fallend ist es, dass nach dieser Beschreibung die Zwischenrä
zwischen den ersten Bohlen hohl bleiben, was gewiss fel
haft ist und was wahrscheinlich auch in England nie gesch
Fig. 154 *a* und *b* zeigt den Grundriss und Querschnitt von
Umfassungsmauer der Humber-Docke in Hull. ***) Die P
unter der eigentlichen Mauer halten 9 Zoll im Durchmesser
diejenigen unter den Verstärkungspfeilern 8 Zoll, beide
10 Fuss lang. Die Spundwand, welche hier, wie bereit
wähnt worden, die Stelle einer Pfahlreihe vertritt, besteh
wirklichen Spundpfählen, die mit Federn und Nuthen in ein

---

*) Gauthey, *traité de la construction des ponts. Tom*
pag. 289.

**) *The theory, practice and architecture of bridges.* I
Heft 4. Seite 27.

***) *Transactions of Civil Engineers. Vol. I. p.* 15.

greifen und 6 Zoll stark und 12 Fuss lang sind. Die Schwellen bestehn aus Halbhölzern, die flach auf die Grundpfähle gelegt oder hochkantig gegen die Spundpfähle gebolzt sind. Der Bohlenbelag hat eine Stärke von 4 Zoll. Das sämmtliche Holz ist Kiefernholz von der Ostsee.

Eine andere Abweichung von der gewöhnlichen Construction bezieht sich darauf, dass man ebenso wie beim liegenden Roste, den Bohlenbelag fortlässst, das Mauerwerk sich also unmittelbar auf die Rostschwellen und Zangen stützt. Beispiele dafür kommen besonders bei kleineren Brücken in Frankreich vor. Gegen dieses Verfahren wäre zu erinnern, dass durch das ungleichmässige Setzen leicht schon vor der vollständigen Erhärtung des Mauerwerks der Verband desselben in den untern Schichten wesentlich aufgehoben werden könnte. In England geschieht dieses gleichfalls, z. B. bei Fundirung der Kaimauer in Hull, die Fig. 144 zeigt, und es kommt dabei wieder der Fall vor, dass statt der Balken nur Halbhölzer benutzt sind. Bei den Pfeilern der eisernen Gerrards-Hostel-Brücke zu Cambridge, wo der dichte Bohlenbelag gleichfalls fehlt, sind sogar nur 6zöllige Bohlen über die Pfahlköpfe gestreckt und darauf genagelt, während ein 2 Fuss hohes Bétonbette zwischen den Pfählen den befestigten Untergrund für das Mauerwerk in den Rostfeldern bildet. Auch die Kammern der Schleuse der Verbindungsdocke in Hull sind in ähnlicher Art fundirt, wenigstens lassen die Bohlen Zwischenräume, die ihrer Breite gleichkommen. Andrerseits geschieht es in England aber auch, dass man, nachdem die Pfahlköpfe in einer Ebene abgeschnitten und die Zwischenräume ausgemauert sind, einen dichten Bohlenbelag darüber streckt und darauf einen zweiten so verlegt, dass die Fugen sich kreuzen, worauf beide zusammengenagelt werden. Dieses Verfahren ist in der Fundirung der Ely-Brücke und der Haddlesey-Brücke angewendet worden.

Endlich erleidet der Pfahlrost zuweilen auch noch die Vereinfachung, dass das Mauerwerk unmittelbar auf die Pfahlköpfe gestellt wird und also eigentlich der ganze Rost fehlt. Ein Beispiel hiervon ist die Fundirung der Georges-Docke in Liverpool, wovon Fig. 155 das Profil sowohl der Mauer selbst, als auch eines Verstärkungspfeilers darstellt. Die eigentliche Mauer,

welche sehr schwach ist und ihre Stabilität allein durch die Pfeiler erlangt, reicht bis zum niedrigsten Wasserspiegel herab, so dass die Pfähle, die sie tragen, nie trocken werden, die Pfähle dagegen, die sich unter den Pfeilern befinden, reichen 6 Fuss höher herauf, sind also der abwechselnden Nässe und Trockenheit ausgesetzt, wenn nicht die vordere Mauer die Nässe zurückhält. Letzteres ist insofern wohl anzunehmen, als alle zwölf Stunden Hochwasser eintritt, das viel höher steigt. Die Pfähle unter der eigentlichen Mauer sind in drei Reihen eingerammt und zwar stehn sie sich nicht gegenüber, sondern sind versetzt, so dass sie unter sich ungefähr gleiche Abstände von 2 Fuss 10 Zoll von Mitte zu Mitte bilden. Unter den Pfeilern sind dagegen in derselben Richtung acht Pfahlreihen vorhanden, die abwechselnd zwei oder drei Pfähle enthalten: diese sind von Mitte zu Mitte $2\frac{1}{2}$ Fuss entfernt. Die Pfeiler sind 8 Fuss breit und im lichten Abstande von 30 Fuss angebracht. Sie treten 14 Fuss vor die Mauer vor, doch ist dabei die auffallende Anordnung getroffen, dass die Basis der eigentlichen Mauer an der innern Seite horizontale Bogen bildet und sonach am Anschlusse an die Pfeiler schon um 4 Fuss gegen das in der Figur dargestellte Profil zurücktritt, wodurch erreicht wird, dass die Mauer neben den Verstärkungspfeilern nicht mehr überhängt. Die Pfähle bestanden bei diesem Bau aus Eichen, Buchen oder andern Holzarten. Sie hatten unter der Mauer selbst die Länge von 22, und unter den Pfeilern von 28 Fuss. Sie waren nicht beschlagen und mussten am Kopfe, der beim Rammen nicht splittern durfte, so breit bleiben, wie das Holz irgend z…lie… Sie wurden sorgfältig abgeschnitten in einer Ebene, di… Richtung unter einem rechten Winkel traf und eine siebe… Anlage hatte, oder die im Verhältnisse von 1 zu 7 gege… Horizont geneigt war. Alsdann grub man den Boden u… Pfähle 12 Zoll tief aus und füllte die Zwischenräume mit … Mauerwerk von Hausteinen, die in Mörtel versetzt wurden. … ses Mauerwerk wurde aber einen halben Zoll über die P… köpfe heraufgeführt, damit die Füllmauer des Rostes sich etwas senken könnte, ohne sogleich einen leeren Raum … der eigentlichen Kaimauer zu bilden. Die untere Schich… Kaimauer bestand aus besonders starken und grossen P…

rht festen Steines, der auch in seiner untern Fläche sorg-
earbeitet war, um möglichst gleichmässig auf die Pfahl-
zu treffen. Auch das ganze übrige Mauerwerk ist aus
Hausteinen ausgeführt. *)
bleibt endlich in Betreff des Pfahlrostes noch die Frage
tern, ob es ausreichend ist, denselben nur in solche Tiefe
en, dass er immer unter Wasser bleibt, oder ob man,
n der betreffenden Stelle vielleicht eine grosse Wasser-
attfindet, die Pfähle dicht über dem Grunde ab-
en und hier den Rost verlegen muss. Die Kosten des
und besonders für die Wasserwältigung in der Baugrube
ren sich ungemein, wenn man sehr tief fundirt, und da
hle und der ganze Rost immer vom Wasser bedeckt sind,
an auch nur wenig unter dem kleinsten Sommerwasser-
bleibt, so möchte es passend erscheinen, die erste An-
g zu wählen. Alsdann erregt aber die freie Stellung der
Besorgniss, und zwar theils in Bezug auf das Verbiegen
echen, theils aber auch, indem sie dem fliessenden Was-
sgesetzt bleiben und dadurch mit der Zeit leiden. Man
solchen Fällen versucht, die Zwischenräume zwischen den
enden Pfählen auszufüllen; da diese Arbeit aber unter
r geschehn muss, so gewährt sie nicht hinreichende Sicher-
nd eine Schüttung, die man daselbst anbringt, kann leicht
pühlt und ausgewaschen werden, oder es erfolgt ein Setzen,
h sich der freie Zwischenraum wieder darstellt. In dieser
ung erscheint eine Ausfüllung mit Erde nicht zulässig und
o wenig eine Steinschüttung, wenn man aber dazu Béton
et, so ist zwar nicht anzunehmen, dass derselbe sich
enken möchte, weil die ganze Masse von den Uneben-
und der etwas abweichenden Richtung einzelner Pfähle
n wird, aber ein Ausspülen des Grundes darunter bleibt
möglich, und wenn sich hier eine merkliche Strömung
und den Grund angreifen sollte, so wäre das Uebel noch
össer, als wenn jener freie Raum sich dicht unter dem
larstellte. Hiernach erscheint es räthlich, die Fundirungen

Strickland, *Reports on Canals, Railways, Roads and other*
s. Philadelphia 1826. S. 11.

jedesmal bis auf den natürlichen Boden herabzuführen und die Pfähle ganz in denselben einzurammen, oder wenigstens den Thonschlag oder die Ausmaurung von dem Flussbette an beginnen zu lassen, wozu immer eine vollständige Trockenlegung der Baugrube erforderlich ist. Man ist von dieser Regel jedoch zuweilen abgewichen, und einige Beispiele dieser Art mögen hier angeführt werden, die in Rouen vorgekommen sind. Beim Bau der Brücke daselbst füllte man den Raum zwischen den Pfählen auf 13 Fuss Höhe mit Béton an und umgab das Ganze mit einer losen Steinschüttung. Die Kaimauer im Hafen zu Rouen fundirte dagegen de Cessart im Jahre 1779 sogar 36 Fuss über dem Strombette. Fig. 156 zeigt die dabei getroffene Anordnung: zuerst wurde der Boden stellenweise 25 Fuss hoch und allgemein bis auf 16 Fuss unter dem kleinsten Wasser mit dem Mergelkalke und den Feuersteinknollen, wie sie sich dort überall in einiger Tiefe vorfinden, ausgefüllt, um den Pfählen sogleich einen festen Stand zu geben. Nachdem hierauf die Rammarbeiten beendigt und die Pfähle unter Wasser abgeschnitten waren, so erfolgte die zweite Schüttung, welche die Figur zeigt. Alsdann wurden die Caissons versenkt und die Futtermauern aufgeführt, während man aber das Terrain hinter dem Kai erhöhte, so brachte man noch Erdanker an, die gegen das Banket der Mauer verbolzt wurden, diese Anker sollten nur so lange einigen Widerstand äussern, bis die Erde sich gehörig gesetzt haben würde, es ist jedoch zweifelhaft, ob sie in der frisch geschütteten Erde den nöthigen Widerstand leisten konnten. Endlich wurde die Hinterfüllung ergänzt und gleichzeitig noch eine dritte Schüttung vor der Kaimauer angebracht. *)

Auf der gegenüberliegenden Seite der Seine erbaute Lamandé im Jahre 1784 eine ähnliche Kaimauer, doch brachte er eine starke Verstrebung, wie Fig. 157 zeigt, zwischen den Rostpfählen an. Die Streben bestanden aus doppelten Zangen, die über Wasser mittelst Bolzen zusammengesetzt wurden und so ausgeschnitten waren, dass sie die Oeffnungen für die Pfähle zwischen sich freiliessen. Da jedoch ein hinreichender Spielraum

---

*) de Cessart, *description des travaux hydrauliques.* Tome
Paris 1806.

erforderlich war, so trieb man später zwei starke Keile zwischen die äussern Pfähle und die letzten Bolzen der ern Zangen, wodurch die obere Zange in ihren Endpunkten örig unterstützt wurde und sicher als Strebe wirken konnte. untere Zange lag dabei auf der natürlichen Böschung des rs und die spätere künstliche Anschüttung erstreckte sich bis oberen Zange. Der Wasserspiegel in dieser Figur sowohl, in der vorigen, bedeutet die niedrigste Ebbe.

Bei Anwendung freistehender Pfähle ist es nicht leicht, den st auf die gewöhnliche Art zu verlegen, weil die grosse Wasserfe die Umschliessung und das Auspumpen der Baugrube sehr schwert. Will man letztere ganz umgehn, und den Rost dench unter das kleinste Wasser legen, so muss man diesen ins asser versenken. Die dabei in Anwendung kommenden Meoden sind wesentlich verschieden von den oben beschriebenen. m gewöhnlichsten ist es, sich in diesem Falle der sogenannten aissons zu bedienen, wovon später (§. 48) ausführlich die Rede in wird; zuweilen hat man aber auch, wenn ein günstiger Wasserstand benutzt werden konnte und sonach die Versenung des Rostes in sehr geringer Tiefe vorgenommen weren durfte, diese unmittelbar bewirkt: dieses Verfahren soll hier schrieben werden.

Das Einrammen der Pfähle kann von Fahrzeugen oder von ichten Rüstungen aus ohne Schwierigkeit erfolgen, da man er die Stellung jedes Pfahles nur nach dem über Wasser bendlichen Theile desselben beurtheilt, so kommen häufig unter asser, also auch an der Stelle, wo die Pfähle die Rostschwelln tragen sollen, sehr bedeutende Unregelmässigkeiten vor, und wäre sogar möglich, dass die Pfähle hier weit seitwärts stänn und von den Schwellen zum Theil gar nicht berührt würden. m diesem Uebelstande vorzubeugen, hat man in Frankreich weilen von leichten Rüstungen aus Rahmen versenkt, welche rch die darin befindlichen Riegel und sonstigen Verbandstücke den Pfahl sehr genau in der Richtung der Rostschwellen halm. Dieses geschah z. B. bei der Fundirung der Brücke zu ordeaux, wobei freilich später Caissons angewendet wurden. olche Rahmen erfüllen am sichersten ihren Zweck, wenn man e wenig unter derjenigen Höhe erhält, wo die Pfähle abge-

schnitten werden und wo der Rost liegt. Nachdem di
eingerammt sind, kann man sogleich die Ausfüllung d
schenräume zwischen ihnen beginnen, um ihre Stellung m
doch darf man damit noch nicht zu weit herauf gehn,
Abschneiden der Pfähle nur geschehn kann in einer H
die Säge noch nicht den Boden berührt. Das Verfah
Abschneiden der Pfähle unter Wasser wird später (§. 4
ders behandelt werden. Die Auffüllung des Grundes m
bis zur Oberfläche der Pfahlköpfe erfolgen, wie auch
Fundirung in Caissons geschieht, und alsdann erst
die Rostschwellen darauf versenken. Findet kein Zwe
die regelmässige Stellung der Pfähle statt, so dass je
kopf sich an der vorher bestimmten Stelle befindet,
bohrt man hier die Schwelle und setzt einen starken N
ein, jedoch so, dass die Spitze vor der untern Flä
nicht vorsteht; man pflegt auch wohl zu diesem Zw
besonderer Nägel von dreieckigem Querschnitte zu
welche etwas besser im Hirnholze haften. An aufges
eisernen Leitstangen wird nun die Schwelle mit den
die passende Stelle versenkt, und mittelst eiserner Au
angemessenen Vertiefungen in den untern Flächen sc
die Nägel ein und befestigt auf solche Art die Schwel
die Pfahlköpfe. Hätte man aber bemerkt, dass die P
gehörig gegen einander gerichtet wären, so müsste
einer festen Rüstung aus möglichst genau ihre Stell
suchen, und zu den Schwellen Hölzer wählen, die so
sind, dass sie alle Pfahlköpfe treffen. Dieses Ve
beim Bau der Brücke zu Berry au bac angewendet, un
bemerkt werden, dass es hierbei nicht als wesentlic
stand angesehn werden darf, wenn auch kleine Theil
Pfahlköpfe etwas seitwärts von den Schwellen liegen.

Nachdem die Schwellen befestigt sind, müssen die
räume aufs Neue angefüllt und bis zur Oberfläche der
regelmässig geebnet werden. Alsdann versenkt man d
belag in grossen Tafeln, die gemeinhin die Breite d
Rostes oder die Länge der Schwellen zur Breite ha
einzelnen Bohlen müssen dabei die Schwellen kreuz
sie aber schon beim Versenken mit einander gehörig

sind, so werden vorher von unten Latten oder dünne Dielen aufgenagelt und zwar so, dass sie in die Zwischenräume zwischen je zwei Schwellen treffen. Beim Versenken muss man noch darauf sehn, dass jede Tafel mit ihrem Ende genau in die Mittellinie einer Schwelle trifft, damit die Enden von beiden gehörig unterstützt sind. Um die Tafeln gleichmässig und leicht zu versenken, so beschwert man sie mit Steinen und nagelt sie wieder durch eiserne Nägel, die schon vor dem Versenken eingesetzt waren, auf die Schwellen. Endlich kommt über diesen Rost als erste Schicht der Mauer eine Lage von recht hohen Werkstücken, die schon über das Wasser reichen, deren Fugen sich also von oben mit Mörtel füllen lassen, den man mit der Kelle einstreicht.

Diese ganze Arbeit lässt sich bei günstigem Wasser so sicher und genau ausführen, dass in Bezug auf die Solidität des Rostes sich wohl keine Besorgniss begründet. Wenn man z. B. alles Holzwerk einen Fuss unter den bekannten niedrigsten Wasserstand bringen will und der Wasserstand zur Zeit des Baues einen Fuss höher ist, so ist der Bohlenbelag 2 Fuss zu versenken, wobei dessen regelmässige Verlegung in warmer Jahreszeit (wenn nämlich die Arbeiter sich nicht scheuen ins Wasser zu gehn) keine Schwierigkeit macht. Die Schwellen sind ferner etwa $2\frac{1}{2}$ Fuss zu versenken, was sich durch das angedeutete Verfahren, und wenn man auch hierbei eine passende Beschwerung mit Steinen anwendet, so dass der Druck des Wassers dadurch aufgehoben wird, wieder sehr leicht und sicher machen lässt. Endlich ist das Abschneiden der Pfahlköpfe in der Tiefe von etwa $3\frac{1}{3}$ Fuss unter Wasser nach den später zu bezeichnenden Methoden mit genügender Genauigkeit zu bewirken, und ebenso kann man in dieser Tiefe auch leicht durch Gegenhalten von Linealen, die durch ein Loth vertical gerichtet werden, die Stellung der Pfähle scharf genug ermitteln. Der Rost selbst, der auf diese Art dargestellt ist, findet in verticaler Richtung eine genügende Unterstützung und ein Verschieben seitwärts wird schon durch die Nägel verhindert, hauptsächlich verbietet sich dieses aber durch das Eindrücken der Pfahlköpfe in die Schwellen, welches bei zunehmender Belastung des Rostes bald merklich eintritt. Um bei der ganzen Arbeit durch die Strömung

nicht gestört zu werden, welche im offenen Flusse leicht das Versenken erschweren und den Mörtel auswaschen könnte, sichert man sich aber, wie bei Gelegenheit der Fundirung in Caissons näher beschrieben werden wird, am einfachsten durch eine Art von leichten Fangedämmen, die mit Senkfaschinen angefüllt werden. Der ganze Rost lässt sich auf diese Art ohne besondere Schwierigkeit und ziemlich sicher aufbringen, nur die Füllung der Zwischenräume zwischen den Pfählen und unter dem Roste bleibt etwas bedenklich, und allein aus diesem Grunde nimmt man Anstand, von dieser Fundirungsart Gebrauch zu machen.

Noch ist zu erwähnen, dass man auch einen vollständigen Rost mit Schwellen, Zangen und Bohlenbelag auf dem Lande zurichten, zusammensetzen, im Ganzen versenken und mittelst langer und starker Nägel gegen die Pfahlköpfe befestigen kann. Dabei tritt aber der neue Uebelstand ein, dass die einzelnen Rostfelder gleich hohl bleiben, und sonach eine Durchströmung unter dem Roste ungehindert eintreten kann. Von dieser Constructionsart ist auch in Deutschland durch v. Wiebeking Gebrauch gemacht worden, dabei ereignete es sich aber, dass die Pfähle so unregelmässig abgeschnitten waren, dass die Schwellen nicht überall auflagen und deshalb Taucher herabgeschickt werden mussten, um Holzkeile dazwischen zu stecken, doch ist sehr zu bezweifeln, ob hierdurch wirklich eine gleichmässige und sichere Unterstützung dargestellt werden konnte.

§. 36.

Die Zugramme.

Um die Rostpfähle bis zur nöthigen Tiefe herabzutreiben, bedient man sich der Ramme; mittelst derselben werden auch die Spundpfähle und alle sonstigen Pfähle eingeschlagen. Der wesentlichste Theil der Ramme ist ein hölzerner Klotz oder eine Eisenmasse, der Rammklotz, auch der Bär genannt. Derselbe wird abwechselnd gehoben, und indem er auf den Pfahl zurückfällt, bewirkt er dessen tieferes Eindringen. Das Heben geschieht entweder aus freier Hand, und in diesem Falle besteht die ganze Vorrichtung allein aus dem Klotze und man

ihn eine Handramme. Bei der Zugramme dagegen
der Klotz an einem Tau, welches über eine Scheibe geführt
am hintern Ende dieses Taues sind Leinen befestigt und die
ter ziehn diese stossweise herab und heben dadurch den Klotz.
ch aber hat man auch verschiedene mechanische Vorrichtungen
zt, um den Klotz zu heben; dieses geschieht bei der Kunst-
me.

Die Handramme besteht aus Holz, und zwar pflegt man
Festigkeit wegen dazu Eichenholz anzuwenden. Man versieht
it Armen oder Bügeln, an welchen die herumstehenden Ar-
sie fassen und bequem heben und führen können; indem
beim tieferen Eindringen des Pfahles auch der Klotz tiefer
sinkt, während die Arbeiter unverändert in gleicher Höhe
bleiben, so muss man dafür sorgen, dass der Klotz in ver-
dener Höhe gefasst werden kann. Zu diesem Zwecke bringt
zuweilen vier Arme an, die seitwärts aufgenagelt werden,
iner Seite vortreten, und nahe parallel zur Axe etwas gegen
be divergiren. Sobald der Pfahl gesetzt wird, also noch
ist, gebraucht man die Ramme so, dass die Arme abwärts
rt sind, man dreht sie aber um, sobald der Pfahlkopf sich
enig über dem Boden befindet, oder wohl schon noch tiefer
getrieben ist.

Vortheilhafter ist es, die Ramme mit langen Bügeln zu ver-
die von oben bis unten herabreichen und sonach in jeder
einen bequemen Angriffspunkt gewähren. Die Bügel müssen
mindestens zwei Zoll vom Klotze entfernt bleiben, weil sonst
rbeiter ihre Hände klemmen und wund stossen. Am untern
versieht man die Handramme mit einem eisernen Ringe,
st schliessen muss, um das Spalten des Klotzes zu verhin-
Am vortheilhaftesten ist es, ihn heiss und zwar von oben
treiben, wodurch sein Herabfallen verhindert wird. Gewöhnlich
man die Form einer achteckigen abgestumpften Pyramide,
diese sich ohne grossen Verschnitt aus dem Rundholze am
esten darstellen lässt. Fig. 158 Taf. XV. zeigt in der
ansicht und der Ansicht von oben eine solche Ramme.
hrer Anfertigung muss man besonders darauf sehn, dass
Holz trocken ist, weil es bei einem späteren Austrocknen
nden und alsdann der eiserne Ring lose werden würde.

Durch das Einschlagen von Nägeln und Krammen lässt sich das Herabfallen des Ringes wohl verhindern, aber wenn er nicht genau schliessend das Holz umgiebt, so kann dasselbe aufspalten und er erfüllt alsdann nicht seinen Zweck. Hiernach ist es auch vortheilhafter, den Ring gar nicht durch Nägel zu befestigen, damit er, sobald einiger Spielraum entsteht, tiefer herabsinken und sich dadurch von Neuem auf dem stärkeren Holze feststellen kann, in ähnlicher Art, wie dieses bei Gelegenheit der Zugrammen noch näher erörtert werden wird.

Den Gebrauch der Handramme kann man keineswegs bequem nennen und am wenigsten, wenn der Pfahl noch hoch steht und die Arbeiter sonach den Klotz hoch heben müssen: bei einiger Unvorsichtigkeit kann derselbe leicht neben dem Pfahle vorbeischlagen und die Leute beschädigen. Diese Besorgniss ist Veranlassung, dass die Arbeit gemeinhin sehr langsam von statten geht und der Klotz nur unbedeutend gehoben wird. Eben aus diesem Grunde ist es aber auch durchaus unzulässig, dem Rammklotze ein grosses Gewicht zu geben: man darf auf jeden Arbeiter kaum 25 Pfunde rechnen, und da nicht mehr als höchstens vier Mann dabei angestellt werden können, so beschränkt sich das Gewicht der Handramme im Maximum auf 100 Pfund, und es bleibt dennoch erforderlich, nur starke und geschickte Leute dabei anzustellen, welche auch einige Uebung haben müssen, um gleichmässig und kräftig die Ramme zu führen.

Um den Effect der Handramme zu vergrössern, hat man manche Modificationen dabei eingeführt. Zunächst gehört dahin die Anbringung einer eisernen Axe in der Mittellinie des Pfahles, an welcher der Klotz herabgleitet. Fig. 159 stellt diese Axe dar, die bei wiederholter Benutzung nicht als kostbar angesehn werden kann, indem sie bei allen Pfählen gebraucht wird und ihr Einsetzen und Ausnehmen nicht viel Mühe macht. Sie muss wenigstens 5 Fuss lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll stark sein; unten ist sie mit einer Holzschraube versehn und darüber befindet sich ein viereckiger Kopf, mittelst dessen man sie mit dem Schlüssel fassen und aus- und einschrauben kann. Jeder Pfahl wird am Kopfe, und zwar genau in der Axe angebohrt, und ehe man den Pfahl setzt und ihn einrammt, schraubt man die eiserne Axe hinein. Der Rammklotz, der in diesem Falle etwas niedriger und stärker

als sonst, ist der Länge nach durchbohrt und zwar
Bohrloch reichlichen Spielraum für die Axe lassen. Er
lem der Pfahl gesetzt ist, oder auch schon vorher auf-
und indem die Leute nicht mehr ein Herabfallen des-
rgen dürfen, so arbeiten sie viel kräftiger und der
t sonach viel schneller ein. Einige Uebung ist indessen
i noch nothwendig, weil bei ungleichmässigem Hube
Reibung gegen die Axe eintreten würde, letztere auch
gen oder gelöst werden könnte.
h ist zu erwähnen, dass man beim Gebrauche der
zuweilen auf dem einzurammenden Pfahle selbst eine
ung für die Arbeiter anbringt und diese alsdann nicht
uck auf den Pfahl durch ihr Gewicht vermehren, son-
iefferen Eindringen desselben auch mit ihm herabsinken,
Pfahlkopf immer in der passendsten Höhe behalten und
uem die Ramme führen können. Fig. 160 *a* und *b*
Rüstung in der Ansicht von der Seite und von oben.
wird zwei Fuss unter seinem Kopfe durchbohrt und
Brechstange hindurchgesteckt. Nachdem man ihn
und Herbewegen so weit in den Boden getrieben hat,
e weitere Unterstützung sicher steht, so legt man zwei
n hintere Enden beschwert werden, auf die Brechstange,
n dienen noch zur vorläufigen Befestigung des Pfahles,
solche nöthig sein sollte, und zwei kurze Bohlenstücke
iber gelegt. Alsdann stellen sich zwei, auch wohl drei
Arbeiter auf die Bohlen und fangen zuerst leise an,
inzutreiben, sobald er sich aber fester stellt, so ram-
it voller Kraft und alsdann erst treten die oben er-
rtheile ein. Man muss jedoch dafür sorgen, dass die
ung nicht einstürzt, und es wird sich hiervon eigent-
weichem Grunde, oder wenn man den Boden vorher
ann, Gebrauch machen lassen, denn der Pfahl muss
der Anwendung der Ramme ziemlich fest stehn; da
nge sich aber leicht verbiegt und alsdann beide Bohlen
, so ist es noch nöthig, diese zusammen zu binden.
n beiden erwähnten Methoden hat man mehrfache An-
emacht und darin eine bedeutende Erleichterung im
ler Handramme gefunden, unter andern ist dieses auch

bei der Correction des Wertach-Flusses geschehn, wobei aber die Rüstung noch besonders unterstützt wurde. *)

Bei der **Zugramme** wird der Klotz, wie bereits erwähnt worden, nicht aus freier Hand, sondern mittelst eines Taues gehoben, und wenn man ihn zuweilen auch durch unmittelbares Anfassen leitet, so geschieht dieses doch nur selten und nur bei kleineren Rammen; die gewöhnliche Anordnung ist aber diese, dass an der Rüstung besondere Ruthen angebracht sind, welche den Klotz sicher führen. Es sind dieses die **Läufer** oder **Läuferruthen**, auch **Mäckler** genannt, die entweder einfach oder doppelt sind und um welche die Arme des Klotzes entweder herumfassen oder hindurchgreifen. Die Figuren 161, 162 und 163 zeigen die drei verschiedenen hierbei vorkommenden Verbindungsarten. Fig. 161 ist diejenige, welche bei uns die üblichste ist und den Vortheil gewährt, dass man nur eine Läuferruthe braucht: der Klotz hat vier Arme, die seitwärts an der Ruthe vorbeigehn und von denen je zwei hinter der Ruthe noch durch Riegel mit einander verbunden sind. Dabei tritt leicht der Uebelstand ein, dass der Klotz sich gegen die ziemlich schmale Fläche der Ruthe nicht sicher lehnt und daher stark seitwärts schwankt, was bei längerem Gebrauche der Ramme immer zuzunehmen pflegt, indem die Kanten der Ruthe sich nach und nach abstossen. Nach Fig. 162 ist der Klotz nur mit zwei Armen versehn, die zwischen den beiden Läuferruthen hindurchgreifen und wieder durch Riegel gehalten werden: die beiden Ruthen hält man aber durch zwischengelegte Klötze über der Schwelle und unter der Scheibe in der Entfernung von 3 Zoll und zuweilen auch noch weiter auseinander, wie Fig. 167 zeigt. Häufig greifen diese Klötze auch mit einer Verzahnung in die Läuferruthen ein und jedesmal sind sie mittelst durchgehender Schraubenbolzen befestigt. Zuweilen lässt man aber die Ruthe nicht aus zwei besondern Holzstücken bestehn, sondern schneidet aus einem einzelnen Stücke, soweit als der Schlitz sich erstrecken soll, eine zweizollige Bohle heraus. In diesem Falle pflegen aber die Wangen sehr schmal zu bleiben, und behalten daher nicht die nöthige Steifigkeit. Bei Gelegenheit

*) Voit, über die Correctionen des Wertach-Flusses in Crelle's Journal. Bd. II. S. 251.

der Kunstramme soll angegeben werden, wie man die beiden Seitenstücke mit einander durch Bügel verbinden und dadurch ihre Steifigkeit vermehren kann, doch ist es gewiss vortheilhafter, zwei besondere Stücke Halbholz oder schwaches Bauholz zu benutzen, wie bei den englischen Rammen auch immer geschieht.

Nach beiden beschriebenen Anordnungen erfährt der Klotz beim Aufziehn und beim Herabfallen nur von einer Seite eine Reibung, und dieser Umstand giebt Veranlassung, dass er zu schwanken pflegt; die Befestigung der Arme und Riegel erfordert aber manche Vorsicht, damit sie nicht etwa abbrechen oder herausfallen, was eine grosse Gefahr für die darunter stehenden Arbeiter veranlassen würde. Bei den Rammen, die man in Holland ganz gewöhnlich sieht und welche auch in Frankreich häufig vorkommen, sind diese beiden Uebelstände dadurch umgangen, dass nach Fig. 163 der Klotz acht Arme hat, welche zu beiden Seiten ganz symmetrisch die Ruthen umfassen. Man nennt die beiden Ruthen in diesem Falle die Scheere und die ganze Ramme heisst alsdann eine Scheerramme. Diese Anordnung gewährt manche Vortheile: der Klotz kann bis zu beliebiger Tiefe unter die Verschwellung der Rammen herabfallen, eben so kann man ihn seitwärts oder schräge wirken lassen, wie die jedesmalige Richtung des Pfahles es fordert. Die Arbeit wird hierdurch viel genauer, und besonders bei Ausführung von Spundwänden ist die Scheerramme sehr zu empfehlen.

Was die Aufstellung der Zugrammen betrifft, so sind in den Figuren 164 bis 168 *) diejenigen Arten der Rüstungen dargestellt, welche wesentliche Verschiedenheiten zeigen. Fig. 164 ist die Ramme, die im nördlichen Deutschlande besonders häufig vorkommt. Sie zeichnet sich durch die Menge der starken Verbandstücke, woraus sie besteht, vor allen übrigen aus, und wenn das viele Holz durch sein Gewicht auch zum festen Stande wesentlich beiträgt, so ist eben dieses grosse Gewicht auch beim Aufstellen und Niederlegen der Ramme und beim Verfahren derselben sehr

*) Diese Figuren sind so aufgetragen, dass das Auge 20 Fuss hoch über dem Boden der Rammen liegt und 8 Zoll von der Bildfläche entfernt ist; die vordere Seite der Läuferruthe schneidet aber unter einem Winkel von 45 Graden die Bildfläche.

hinderlich. Gewöhnlich sind die **Schwellen** sowohl unter sich, als auch mit den **Streben** und der Läuferruthe durch Zapfen und Ueberwürfe verbunden, während die Streben am obern Ende mittelst Versatzung und durchgesteckter Schrauben- oder Splintbolzen an die Läuferruthe befestigt werden. In die Läuferruthe ist über den Streben die **Rammscheibe** eingelassen, welche das **Rammtau** vom Klotze nach der sogenannten **Stube** oder dem Raume über der Verschwellung führt. Hier stehn die Arbeiter auf einem losen Dielenboden und ziehn mittelst der angesteckten **Zugleinen** das hintere Ende des Rammtaues stossweise herab, wodurch sie den Klotz heben, der beim plötzlichen Nachlassen auf den Pfahl fällt und denselben eintreibt. Die eine Strebe in der vordern Wand der Ramme, und zwar die linkseitige, ist mit **Sprossen** versehn, an welchen ein Arbeiter herabsteigen und die nöthigen Verrichtungen beim Eindringen der Taue, beim Schmieren der Scheiben und dergleichen bewirken kann. Diese Ramme hat endlich noch eine besondere Vorrichtung zum Setzen der Pfähle, und solche besteht in einer **Winde**, die sich in Einschnitten auf den hintern Streben bewegt und durch eiserne Bügel darin gehalten wird. Das **Windetau** geht von hier über den **Krahnbalken**, der auf dem obern Ende der Läuferruthe aufliegt und häufig noch durch Winkelbänder befestigt ist, oder wohl nur mit starken Leinen angebunden wird. Beim Verfahren und beim Aufrichten oder Niederlegen der Ramme wird wegen ihres grossen Gewichtes eine bedeutende Anzahl von Menschen gebraucht, die auch bei der eigentlichen Rammarbeit verwendet werden, wogegen beim Setzen der Pfähle gewöhnlich nur ein kleiner Theil der Arbeiter Beschäftigung findet. Das **Richten** der Ramme geschieht, indem man die Läuferruthen nebst den beiden vordern Streben und der zugehörigen Schwelle flach auf den Boden legt und hiermit die ganze Verschwellung und die hintern Streben verbindet. Ist dieses geschehn, so befestigt man ein starkes Tau am Kopfe der Ramme, zieht dieses über die hintere Schwelle und legt es um eine Winde oder lässt es mittelst eines Flaschenzuges scharf anziehn. Indem man den Kopf der Ramme Anfangs durch unmittelbares Anfassen etwas heben lässt, so wird bald eine solche Stellung erreicht, wobei der Zug an jenem Tau schon minder stark sein darf, und später wird es sogar nöthig,

zweites Tau vom Kopfe der Ramme um einen Pfahl
s zu befestigen (das Stopftau) womit man die Ramme
ält und verhindert, dass sie nicht zu heftig auf die Ver-
ung niederfällt; sie darf sich vielmehr nur leise aufstellen
diesem Zwecke lässt man das Stopftau langsam über jenen
gleiten. Beim Niederlegen der Ramme ist das Verfahren
e, doch wird dabei das erste Tau, Stopftau, und das zweite
zunächst mit der Winde, oder aus freier Hand angezogen
n.

Fig. 165 stellt die sogenannte Winkelramme dar, welche
nur durch eine andere Anordnung der Verschwellung von
origen unterscheidet, aber sonst sehr genau mit ihr überein-
nt. Sie dient dazu, um in den Ecken der Baustelle, die
eicht durch Fangedämme oder sonstige Gegenstände für die
Ramme unzugänglich sind, Pfähle einzuschlagen.

Fig. 166 ist die Ramme, die Perronet benutzte und die sehr
mit denen übereinkommt, die man auch heut zu Tage in
nkreich anwendet. Sie hat nur eine hintere Strebe und so-
h trifft die Winde, die zum Setzen der Pfähle dient, gerade
len Raum, wo die Arbeiter stehn, und diese müssen sich daher
beiden Seiten gleichmässig vertheilen. Die Verbindung der
zen Rüstung erhält durch die Zangen und die Schrauben-
en eine grosse Steifigkeit, doch ist es übel, dass die Zange
der Winde gerade in die Richtung des Taues trifft, mittelst
sen die Pfähle gehoben werden; das Rammtau selbst berührt
Zange aber nicht, indem die Zugleinen schon oberhalb abgehn.
vielen französischen Rammen fehlt indessen diese Zange und
habe sie nur deshalb hier angegeben, um die von Perronet
utzte Anordnung vollständig darzustellen. Der wichtigste Theil
die Scheere, worin der Klotz vor der vordern Wand der
mme spielt. Sie ist hier zwar fest und sonach entbehrt sie
Vorzuges, dass die Richtung des Schlages leicht verändert
den kann, aber sie gewährt dennoch den grossen Vortheil,
s man den Klotz bis unter die Verschwellung der Ramme kann
len lassen, und dieses ist besonders beim Einrammen der
undpfähle sehr wichtig, da es unbequem ist, die Ramme gar zu
zu stellen. Ferner ist hierbei auf die Grösse der Scheibe
fmerksam zu machen, die $3\frac{1}{4}$ Fuss im Durchmesser hält, doch

ist sie nicht vor, sondern hinter der vordern Wand der Ra
befestigt. Um die Scheere deutlich darzustellen, war es nö
sie etwas weiter von der vordern Wand zu entfernen. Ihr
stand beträgt in der Wirklichkeit nur 1 Fuss, wodurch
die Scheibe eine andere Lage erhält, als in der Zeichnung
gegeben ist.

Fig. 167 zeigt ferner die sogenannte Stützenramme,
in den Ostseehäfen üblich ist, und sich theils durch die Beq
lichkeit der Aufstellung und des Transportes und theils
dadurch sehr vortheilhaft auszeichnet, dass man mit ihr in
beliebigen Neigung Pfähle einrammen kann. Sie besteht,
die Figur zeigt, nur aus der vordern verschwellten Wand
der Stütze, während ein oder zwei Taue, die sogena
Kopftaue, die jedoch nur bei einem beinahe senkrechten S
erforderlich sind, sie zurückhalten, damit sie nicht vorn
schlägt. Die Windevorrichtung fehlt ihr, dagegen ist am
Ende der Stütze ein Haken befestigt, woran man einen Fla
zug hängen kann, und mittelst dieses hebt eine zahlreiche
schaft noch schneller den Pfahl, als mit der Winde. Wi
die Ramme richten, so legt man die Läuferruthe nebst de
ben mit ihrem obern Ende auf einen gewöhnlichen Rüstbo
befestigt die Verbandstücke der vordern Wand unter si
gegen die Schwelle. Alsdann setzt man die Stütze ein u
bindet mit dem Fusse derselben den einen Block eines Fl
zuges, während der andere an den Fuss der Läuferru
festigt wird. Sobald man das in beide eingeschorne T
zieht, so richtet sich die Ramme von selbst auf. Das Ve
oder Verfahren dieser Ramme ist aber insofern überaus
als die Stütze einigen Spielraum in der Läuferruthe h
man sonach zuerst die Schwelle mit Brechstangen um
Fuss fortschieben und sodann die Stütze an dem daran
denen Hebel weiter rücken kann. Eine Ramme dieser A
ich zur Kunstramme eingerichtet hatte und die 40 Fus
war, wurde durch sechs Arbeiter ohne Mühe verfahren,
gewöhnliche Meinung, dass man zum Versetzen grosse
men immer 20 bis 30 Mann nöthig habe, gilt keineswe
diese Einrichtung. Dass die Ramme minder fest steht,
dere, welche an sich viel schwerer sind und überdie

anze Mannschaft belastet werden, ist nicht zu leugnen,
ire Beweglichkeit nicht störend und man kann durch
nordnung der Ueberwürfe, womit die Ruthe und die
gen die Schwelle befestigt werden, dem Schwanken
tlich entgegenwirken. Fig. 169 zeigt einen solchen
in der Ansicht von zwei Seiten, wobei der eingetriebene
Pflock beide Verbandstücke fest zusammendrängt, was
hnlichen Ueberwurfe nicht geschieht. Es ist hierbei
ndig, alle Haken und Krammen recht stark zu machen
iderhaken zu versehn, damit sie nicht aus dem Holze
sen werden. Endlich wäre noch darauf aufmerksam
dass die Schwelle nicht mit ihrer ganzen Grundfläche,
r mit drei niedrigen Füssen unter der Läuferruthe und
beiden Streben aufstehn darf, weil man sonst nicht mit
en darunter fassen kann.
len trifft es sich, dass man die Rammen nicht von
Seite gegen den einzutreibenden Pfahl schieben kann,
elbe geneigt ist; man stellt sie alsdann so, dass der
hen ihre Schwelle und ihre Stütze trifft und hängt den
hrt ein, so dass er auf der untern oder der innern
Läuferruthe spielt und die Arbeiter sich ausserhalb der
nd der Ramme befinden. Die Wirksamkeit wird dabei
ch den schrägen Zug an den Zugleinen merklich ge-
ber ein wesentlicher Vortheil liegt darin, dass man in
ltenen Falle noch mittelst der gewöhnlichen Apparate
überhaupt erreicht. Es ist hierbei jedoch nöthig, zur
ng der Reibung zwischen die Läuferruthe und die
den Armen des Klotzes ein dünnes Brett einzuziehn,
wie der Klotz ist. Ich habe diese Anordnung beim
der äussern Pfähle zu den Duc-d'Alben jederzeit be-
ganz bequem gefunden.
nfacher ist die Ramme, die in Holland vorzugsweise,
bei den grössten Bauten angewendet wird. Fig. 168
solche. Sie hat gar keine Verschwellung: die drei
lche die Rüstung bilden, sind unten mit eisernen Dornen
e Fig. 171 einen solchen in grösserem Maasstabe dar-
oben sind sie durch einen Bolzen, den Fig. 170 zeigt,
r verbunden. Dieser Bolzen ist mit einem Charniere

in der Mitte versehn, daneben hat er auf jeder Seite einen
woran die Unterlagsscheibe sich lehnt, und an beiden End
Schraubengewinde eingeschnitten, auf welche Muttern pass
der linken Seite des Bolzen (nach der Zeichnung) wer
beiden Bäume in der vordern Wand der Ramme, und
rechten Seite derjenige Baum, der die Stelle der Stütze
aufgeschoben und mit den Schraubenmuttern befestigt. E
sich hieraus, dass die drei Bäume leicht beweglich sind
sie willkührlich weit auseinander stellen kann. Mit ihre
stehn sie gewöhnlich nicht unmittelbar auf dem Boden,
darin zu tief versinken würden, vielmehr werden, wie
zeigt, Bohlen untergelegt, und auf diese oft noch ande
worauf die Arbeiter stehn. An das obere Ende dieses B
mittelst einer Kette oder eines Taues ein Block von
Durchmesser und zuweilen auch eine gusseiserne Sc
eiserner Fassung angehängt, wie solche zum Beladen d
häufig gebraucht wird. Der Rammklotz spielt zwischen d
Ruthen der Scheere, die oben durch zwei eingeschrobe
Bügel gehalten werden und die man unten entweder auf
stellt, oder man lässt sie mittelst Dornen auf einer Bohl
Mit der richtigen Stellung der Scheere ist jederzeit ei
geselle ausschliesslich beschäftigt: er verschiebt sie ni
den Pausen, sondern auch während der Arbeit, sob
nöthig scheint, den Schlag des Klotzes mehr nach der
nach der andern Seite zu führen, und zuweilen hält e
Scheere längere Zeit hindurch mit den Händen, um je
nen Schlag auf die angemessene Stelle zu richten.
Ramme zum senkrechten Einschlagen von Pfählen b
wie gemeinhin der Fall ist, so muss sie durch ein K
besonders gehalten werden, das neben der Stütze ange
und welches das Umfallen der Rüstung, sowie auch das
derselben verhindert.

Viele Rammen, die man in Holland sieht, sind in
einfacher, als diese, indem ihnen sogar der dritte Bau
Stütze fehlt. Sie bestehn nur aus den beiden Bäumen,
Stelle der Streben versehn, und aus der Scheere. Solc
bedürfen indessen nicht nur des Kopftaues, welches
zeigt, sondern ausser diesem noch eines zweiten, we

vordern Seite herabgeführt ist. Indem man in Holland, wo fast jeder grössere Bau auf Pfähle gestellt werden muss überhaupt die Rammarbeiten sich häufiger als sonst irgendwo erholen, solche schwerfällige Maschinen, wie bei uns üblich gar nicht vorfindet, so rechtfertigt sich wohl ein Zweifel n den unbedingten Vorzug derselben.

Ueber die Anordnung der Rammen in Frankreich ist its die Rede gewesen, hier wäre im Allgemeinen darüber nur zu erwähnen, dass man daselbst nicht selten zwei Rammeiben und zwei Rammtaue anwendet, die beide denselben z fassen. Diese Einrichtung ist nur vortheilhaft, wenn man grosse Scheiben benutzt und diese etwa in der Richtung 90 Graden gegen einander stellt, wodurch beide Taue auf Seite, wo die Zugleinen angesteckt sind, sich schon merklich einander entfernen, so dass die Kraft der Arbeiter weniger h den schrägen Zug geschwächt wird. Auch in England kommen elte Scheiben nicht selten vor, doch sind sie dort gemeinhin on sehr kleinem Durchmesser und auch sonst wenig vortheilhaft rdnet *), man wählt sie auch nur, um in die Wangen der erruthe die Scheiben einlassen zu können, was etwas leichter als wenn man eine Scheibe in die Mitte der Ruthe legen . Im übrigen ist die Rüstung der gewöhnlichen englischen amme der von Perronet gewählten einigermaassen ähnlich, fehlt die Scheere. Der Klotz hat aber nur zwei Arme, die die Läuferruthe hindurchreichen. Die englischen Kunsten werden später beschrieben werden.

Nächst der Rüstung verdient der Rammklotz eine nähere reibung. Derselbe besteht gewöhnlich aus Holz, zuweilen auch aus Gusseisen; sein Gewicht beträgt nach Maassgabe Widerstandes, den die Pfähle dem Eindringen entgegensetzen, 12 Centner, doch werden beide Grenzen zuweilen überschritten. hölzernen Rammklotze mag zuerst die Rede sein: man eidet ihn aus einem recht gesunden und starken Stücke, gewöhnlem Stammende einer Eiche aus, und bei den harten Stössen, die

*) Davy, *the architects constructive manual. Vol. I.* London S. 39.

er zu erleiden hat, und indem er zugleich während seines Gebrauches den Sonnenstrahlen und dem Winde dauernd ausgesetzt bleibt, ist die Anwendung von besonders gutem Holze ein dringendes Erforderniss, sonst reisst er beim Trocknen und zersplittert, oder er schlägt sich bald stumpf, dass heisst, die untern Enden der Holzfasern legen sich seitwärts um, wodurch eine weiche Grundfläche entsteht, die jeden kräftigen Schlag mildert und seine Wirkung schwächt. Es kann indessen selbst das festeste Holz der Erschütterung nicht lange widerstehn, die es bei diesem immer wiederholten Aufstossen erfährt, wenn man es nicht durch einen starken eisernen Ring in seinen Theilen zusammenhält, und damit der Ring es wirklich fest umschliesst, so ist es nothwendig, dass das Holz schon vorher ziemlich ausgetrocknet war. Gewöhnlich wird der Rammklotz prismatisch und zwar mit quadratischem Querschnitte bearbeitet. Oben und unten schneidet man entweder ringsumher oder wenigstens an der Seite, welche sich gegen die Läuferruthe lehnt, einen Falz von ½ Zoll Tiefe ein, weil der Beschlag daselbst nicht vorstehn darf, und in diese Falze treibt man die eisernen Ringe. Jeder derselben wird zum Theil durch Nägel befestigt, hauptsächlich geschieht dieses durch vier eiserne Schienen, die man in die Mitte der Seiten einlässt und die mit ihren umgebogenen Rändern den Ring halten. Sie werden, nachdem der Ring aufgetrieben ist, unter demselben in die schon früher eingeschnittenen vertieften Rinnen eingeschoben und gleichfalls durch Nägel oder auch wohl durch Krammen befestigt, doch müssen im letzten Falle die Schienen auch am obern Ende einen umgebogenen Rand erhalten und lassen sich alsdann nur mit dem Ringe zugleich einbringen. Fig. 172 zeigt diese Anordnung sowohl in der Seitenansicht des Klotzes, als auch im Längendurchschnitte. Es tritt hierbei indessen der grosse Uebelstand ein, dass die Ringe durch die Schienen und Nägel wohl am Herabfallen gehindert werden, ihnen dadurch aber keineswegs der feste Schluss gesichert wird, sie daher beim Eintrocknen des Holzes lose werden und der Klotz Risse bekommt, sich stumpf schlägt und oft sogar in mehrere Stücke zerfällt. Will man dieses verhindern, so müssen die Ringe, welche durch die starken Stösse während des Gebrauches der Ramme immer abwärts getrieben werden, sich eben dadurch von selbst wieder festsetzen, wenn sie auch durch das Trocknen und

winden des Holzes lose geworden sein sollten. Zu diesem
ecke darf der Klotz keine prismatische, sondern er muss viel-
r eine pyramidale Form erhalten, indem er nach oben und
r in beiden Richtungen sich verjüngt. Sowohl die untere, als
obere Fläche desselben wird gegen diejenige Seite, die sich
die Läuferruthe lehnt, senkrecht abgeschnitten, und damit die
ge, von denen man bei grösseren Klötzen sogar drei auftreiben
n, gehörig gespannt werden können, so müssen sie hinreichende
te und Stärke erhalten, besonders gilt dieses aber von dem
ren, der wenigstens ½ Zoll stark und 2 Zoll breit werden
s. Der unterste Ring wird gleichfalls von oben aufgetrieben,
damit er sich später noch etwas senken kann, so darf er
untern Ende des Klotzes nicht zu nahe liegen, sondern muss
ngs noch 6 Zoll davon entfernt bleiben. Die sämmtlichen
ge stehn alsdann vor den Seitenflächen des Klotzes weit vor
würden die Läuferruthe stark beschädigen, wenn man sie
davon gehörig entfernt halten könnte. Dieses geschieht sehr
ch dadurch, dass man ein dünnes Brett von Eichenholz dar-
nagelt, welches an den Stellen, wo es die eisernen Ringe trifft,
nd ausgeschnitten ist. Man erreicht dadurch noch den Vortheil,
man dieses Brettchen recht glatt behobeln und so auswählen
, dass es recht gerade Fasern hat, wodurch die Reibung
n die Läuferruthe bedeutend geringer wird, als wenn der
nklotz sich unmittelbar dagegen lehnte. Fig. 173 *a* und *b*
die beschriebene Anordnung. Ich habe einen Klotz dieser
einige Jahre hindurch bei einer Kunstramme benutzt und er
e trotz der viel stärkeren Erschütterungen, die er erlitt, den-
weit weniger beschädigt, als die auf gewöhnliche Art be-
genen Rammklötze der Zugrammen; doch auch bei den
n zeigte sich dieser veränderte Beschlag in gleichem Maasse
eilhaft, indem dadurch nicht nur das Holz conservirt wurde,
ern auch die vielfachen Reparaturen aufhörten, die früher
er erhebliche Kosten verursacht und häufig den Betrieb der
it unterbrochen hatten. Es muss aber noch bemerkt werden,
auch in diesem Falle ziemlich trockenes Holz zum Klotze
ählt und die Ringe heiss aufgetrieben werden müssen.

Die Verbindung der Arme mit dem Rammklotze ist dem-
hst zu untersuchen. Häufig versieht man die Arme nur mit

gewöhnlichen prismatischen Zapfen, die bedeutend schwä
sie selbst sind, und setzt diese in Zapfenlöcher ein, w
verbohrt und mit hölzernen Nägeln befestigt werden. Z
giebt man ihnen schwalbenschwanzförmige Zapfen, wie F
auf Taf. XVI. zeigt, die durch Keile von unten festgestel
wohl mit hölzernen Nägeln gehalten werden. Diese An
ist indessen nicht passend, denn es ist kein Grund vor
die Ausarbeitung eines recht weiten Zapfenloches im K
vermeiden, da eine Schwächung desselben doch nicht
und was man durch das Ausschneiden des Klotzes an
verliert, wird in gleichem Maasse durch die schwereren Ar
der ersetzt. Diese Arme stehn aber seitwärts vor den
vor und jeder Stoss trifft sie eben so, wie den Klotz;
brechen des Zapfens ist also leicht möglich, wenn der
der Verbindung mit dem Arme geschwächt wird. Dazu
noch, dass die Nässe sich in das Zapfenloch hineinzieh
man beim Ausnehmen eines Armes immer bemerkt, wie
besonders an der Stelle, wo er die Seitenfläche des Klot
angefault und verrottet ist, während er in dem vors
Theile vielleicht noch ganz frisches Holz hat; also ge
wo der Stoss am leichtesten den Bruch bewirken kann,
der Einfluss der Witterung auf die Dauer des Holzes a
theiligsten. Hiernach ist es nicht zu billigen, wenn
eben dieser Stelle den Querschnitt schwächt. Die erwä
in der Figur dargestellte Befestigungsart mit dem sc
schwanzförmigen Zapfen und dem eingetriebenen Keile
auch an sich nicht angemessen, denn eine solche Ve
wird theils durch das Eintrocknen des Holzes, welches
sonders stark erfolgt, und theils auch durch die heftige
gelöst, so dass der Keil bald herausfällt, während die h
Nägel auch in Kurzem durchzubrechen pflegen, wenn s
den Arm halten sollen. Das Abbrechen oder Herausfa
Arme muss aber mit der grössten Vorsicht vermieden
weil sie augenscheinlich auf die Arbeiter fallen würd
sichersten ist es, den Arm in seiner ganzen Höhe und
in den Klotz eintreten zu lassen und ihn durch einen h
durchgesteckten eisernen Bolzen von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmess
die ganze Breite des Klotzes zur Länge hat, zu befestig

Fig. 173 zeigt. Der Bolzen selbst, den die Stösse von unten treffen, wird dadurch nicht verschoben, wenn er auch nur einigermaassen im Bohrloche fest sitzt und sich nicht gar zu willig aus- und einschlagen lässt. Hat der Klotz vier Arme, so wird ein Bolzen immer je zwei derselben festhalten, und bei acht Armen oder bei einer Scheerramme genügen gleichfalls zwei Bolzen, doch können sie im letzten Falle auch ganz fehlen und durch hölzerne Nägel ersetzt werden, indem je zwei Arme aus einem hindurchreichenden Stücke Holz bestehn.

Werden die Arme an ihrem hintern Ende noch mit Riegeln versehn, so erhalten sie zu diesem Zwecke quadratische Oeffnungen von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite und Höhe. Der Riegel hat an der einen Seite einen seitwärts vortretenden Kopf, damit er sich nicht ganz hindurchschieben kann, und auf der andern Seite wird er am besten durch einen vorgeschlagenen gewöhnlichen eisernen Nagel gehalten. Man wählt statt des letztern zuweilen auch einen kleinen Vorsteckbolzen, der aber leicht ausspringt, wodurch der Riegel gelöst wird und herabfällt. Jedenfalls wird der Riegel aber nicht fest angetrieben, sondern nur lose eingesteckt, und sonach sind die eisernen Ringe, die man auf die Arme aufzuschlagen pflegt, ganz überflüssig. Ueberhaupt muss man sich hüten, am Rammklotze und an den Armen desselben viele Beschläge anzubringen, denn durch die heftigen Stösse werden sie doch bald gelöst und sie nützen alsdann nicht nur gar nichts, sondern veranlassen beim Herabfallen auch eine grosse Gefahr für die Arbeiter.

Die Oese, woran das Tau befestigt wird, kann entweder unmittelbar an den Klotz angeschnitten werden, wie dieses in Holland zu geschehn pflegt. Aus Fig. 168 ergiebt sich diese Anordnung mit hinreichender Deutlichkeit und man pflegt als Vorzug derselben den Umstand anzuführen, dass das Tau dabei weniger leidet, indem es nicht eine so scharfe Biegung wie um eine eiserne Kramme machen darf; um letztere braucht man indessen das Tau auch nicht unmittelbar herumzuschlingen. Die Kramme verursacht weniger Kosten als die hölzerne Oese, insofern sie ganz unvergänglich ist und immer von einem Klotze, sobald er zerschlagen oder verfault ist, auf einen andern übertragen werden kann; die hölzerne Oese ist aber nicht nur wegen

der Arbeit kostbar, sondern bedingt auch für das zum Rammklotze zu wählende Holzstück schon eine etwas grössere Länge. Endlich aber gewährt die Kramme noch den Vortheil, dass man mit grosser Sicherheit, nachdem der Klotz vollständig bearbeitet, beschlagen und mit den Armen versehn ist, ihre Stelle genau über dem Schwerpunkte aussuchen und dadurch das Spiel der Ramme wesentlich erleichtern kann. Fig. 175 zeigt eine eiserne Kramme in der Seitenansicht. Sie muss mindestens 1 Zoll und bei schweren Rammen bis 1½ Zoll im Durchmesser halten und eine Länge von 9 bis 12 Zoll haben. Die beiden Spitzen, womit sie eingetrieben wird, sind mit Widerhaken versehn und genau parallel zu einander gerichtet. Wenn sie auf solche Art ausgeschmiedet ist und nach gehörigem Vorbohren der Löcher kalt eingeschlagen wird, so darf man nicht befürchten, dass sie herausgerissen oder zerbrochen werden möchte, sie bleibt vielmehr, so lange man den Klotz brauchen kann, ganz fest darin stecken und leidet dabei in keiner Beziehung. Wenn aber endlich der Klotz zerschlagen wird, so kann sie unmittelbar und ohne alle Reparatur wieder bei einem andern Klotze gebraucht werden.

Die gusseisernen Rammklötze kommen bei den Zugrammen nicht häufig vor, wenn nicht etwa der hohe Preis des Holzes ihre Anwendung vortheilhaft erscheinen lässt. In Deutschland dürfte letzteres kaum der Fall sein, denn wenn die Eisenmasse auch als ganz unvergänglich betrachtet werden kann, so gilt diese lange Dauer doch nur von dem eigentlichen Klotze, aber keineswegs von der Holzverkleidung, deren er bedarf, und eben so wenig von den Armen, die immer aus Holz bestehn müssen; die Befestigung der letzteren ist aber schwieriger und wegen der stärkeren Stösse auch minder dauerhaft, als bei hölzernen Klötzen. Ueberdies haben die eisernen Klötze auch noch den grossen Nachtheil, dass sie die Pfähle besonders stark angreifen und sie leicht zersplittern, so dass man häufig noch die Pfahlköpfe mit Ringen versehn muss, um das Aufspalten zu verhindern. Der letzte Uebelstand vermindert sich einigermaassen dadurch, dass man dem Klotze keine convexe Grundfläche giebt, wie oft geschieht, sondern eine ebene, und noch besser soll es sein, sie sogar etwas concav zu machen. Zum Befestigen der

werden zwei oder vier ganz durchgehende Oeffnungen
beim Gusse des Klotzes angebracht, die Arme selbst be-
nen aber eine etwas grössere Stärke, als diese Oeffnung,
ss sie, wie Fig. 176 zeigt, mit den vortretenden Rändern
ich das Brettchen halten, welches die unmittelbare Berüh-
des Klotzes und der Läuferruthe verhindert. Keilförmige
te auf der andern Seite dienen zur Befestigung der Arme.
elbe Figur zeigt die gewöhnliche Oese, zuweilen benutzt
aber auch hier eine Kramme oder einen Bügel aus Schmiede-
, der in die Gussform gesetzt und gleich angegossen wird.
Ein anderer wichtiger Theil der Zugramme ist die Scheibe,
iber das Rammtau geführt wird. Hauptbedingung für die-
ist es, dass sie das Tau in solcher Richtung fasst, dass
arallel zur Läuferruthe gespannt wird. Die Scheibe muss
eben so weit vor die Läuferruthe vortreten, wie der Auf-
ngspunkt des Klotzes, oder nach der obigen Bedingung
ler Schwerpunkt desselben, und ausserdem muss sie auch
Ebene fallen, welche die Mittellinie der Läuferruthe schnei-
Diese Bedingungen zeigen sich besonders in dem Falle als
endig, wenn der Klotz bis nahe an die Scheibe gehoben
n soll, was beim jedesmaligen Setzen eines Pfahles der
u sein pflegt. Demnächst muss die Scheibe nicht einen
u kleinen Durchmesser erhalten. Es geschieht nicht
, dass dieser nur 8 bis 9 Zoll misst, doch geht alsdann
nur ein grosser Theil der Kraft in der Ueberwindung der
keit des Seiles verloren, sondern ausserdem wird die Rei-
an der Axe auch sehr bedeutend, was hier um so mehr
rücksichtigen ist, als gemeinhin die Scheibe sich nicht mit
xe zugleich, sondern vielmehr um dieselbe dreht, wodurch
weniger regelmässige Bewegung und ein stärkeres Schleifen
Klemmen entsteht. Bis zu welchem Grade die Reibung auf
Art anwachsen kann, lässt sich durch die Rechnung nicht
weisen, doch ist ihre Zunahme jedenfalls sehr bedeutend
viel grösser, als man nach der Verschiedenheit der Halb-
r der Scheiben erwarten sollte. Was den Einfluss der
gkeit des Taues betrifft, so lässt sich dieser mit Zugrunde-
g der gewöhnlichen Annahmen für Scheiben von verschie-
Grösse und für ein bestimmtes Gewicht des Rammklotzes

leicht finden. Der Klotz mag 12 Centner wiegen und das T
$1\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser halten, alsdann wird die Reibung
der nöthige Ueberschuss der Kraft über die Last betragen:

wenn die Scheibe	9 Zoll misst . . .	165 Pfund
- - -	12 - - . . .	121 -
- - -	18 - - . . .	82 -
- - -	24 - - . . .	62 -
- - -	30 - - . . .	49 -
- - -	36 - - . . .	41 -

Man kann also nach diesem Beispiele in Beziehung auf
Steifigkeit des Seiles die nöthige Kraft schon um 100 P
vermindern, sobald man die Scheibe von 9 auf 24 Zoll
grössert; in Betreff der Reibung wird der Vortheil aber
viel grösser. In England hat man die Erfahrung gemacht,
der fünfte Theil der Mannschaft entbehrlich wurde, sobald
statt der dort üblichen Scheiben von 10 Zoll Durchmesser, 4
hohe Scheiben benutzte, die aber auch noch insofern eine
vollkommnung erfahren hatten, als die Axe in der Schei
festigt war und in Pfannen lief.

Das **Material**, woraus die Scheibe gewöhnlich best
Holz, doch wählt man dazu solche Arten, die nicht n
sind, sondern sich auch recht glatt reiben, und wo sie ü
Spahn geschnitten sind, keine grosse Schärfe zeigen. A
sem Grunde ist Eichenholz hierzu nicht passend, dageg
Weissbuchen-, auch Birken- und bei kleineren Schei
sehr feste und dauerhafte Guajak- oder Pockholz beson
nutzt. Man dreht die Scheiben, wenn sie klein sind, aus
Holze aus, und selbst grössere werden zuweilen aus n
Bohlenstücken so **zusammengesetzt**, dass die H
durchweg parallel liegen. Fig. 177 zeigt eine Scheibe
Art von 2 Fuss Durchmesser, die bei den Rammarbe
Ems-Canale in der Gegend von Lingen angewendet wur
drei Bohlenstücke waren darin theils durch Federn und
und theils durch vier eingeschobene und verbohrte hölz
bel, ausserdem aber noch an jeder Seite durch fünf
Schienen verbunden. Es ist indessen vortheilhafter, di
ben aus mehreren Stücken so zusammenzusetzen, dass si
lich den Rädern, aus Armen und Felgenstücken bestehe

t in der Seitenansicht und im verticalen Durchschnitte
he hölzerne Scheibe, die häufig vorkommt. Die beiden
tücke, welche die Arme bilden, sind überblattet und in
en verzapft; zwei eiserne Schienen, die in kreuzweiser
auf beiden Seiten überreichen und eingelassen sind,
1 die Arme mit den betreffenden Felgen und bilden zu-
e Büchsen, womit die Scheibe den Bolzen umfasst, der
Axe dient. Besonders wichtig ist es, möglichst wenig
in der Rille, worin das Tau ruht, vortreten zu lassen,
Tau dadurch besonders leiden würde. Die Scheibe
ich nämlich keineswegs immer übereinstimmend mit dem
iegenden Tau; dieses geschieht freilich während des
s des Klotzes, wobei das Tau stark gespannt ist und
ine Reibung der Scheibe eine gleiche Bewegung mit-
uch wenn der Klotz herabfällt, nimmt die Scheibe bald
früheren entgegengesetzte Bewegung an, aber sobald
aufschlägt, so wird das Tau, das nunmehr ganz lose
Scheibe liegt, von den Arbeitern zurückgehalten, und
ibe, welche in diesem Momente eine grosse Geschwin-
ngenommen hat, kommt nicht augenblicklich zum Still-
sondern dreht sich noch unter dem ruhenden Tau etwas
nd hierbei erfolgt vorzugsweise die starke Abnutzung
s, die immer um so grösser ist, je rauher und schärfer
in der Rille war. Die Rille nimmt freilich in ziemlich
eit eine polirte Oberfläche an, dass aber dennoch die
nicht aufhört, giebt sich am deutlichsten dadurch zu
, dass die Rillen immer tiefer werden. Am sanftesten
s Tau über diejenigen Stellen, wo die Holzfasern mit
tung der Bewegung parallel liegen, und dadurch recht-
sich, dass man den Kranz der Scheibe nicht nur aus
enstücken zusammensetzt, sondern dass man dazu, wo
auch krummgewachsenes Holz nimmt, welches sich auch
durch die Zapfen verbinden lässt. Bei grösseren Schei-
die nöthige Anzahl der Felgenstücke gleichfalls grösser
muss alsdann auch die Anzahl der Arme vermehren,
in diesem Falle aber nicht mehr überblatten lassen,
mit Zapfen in einander greifen, oder man giebt der
wie einem Wagenrade, eine vollständige Nabe und

verwandelt die Arme in Speichen, wie in Frankreich oft geschieht. Dabei wird es aber noch nöthig, die einzelnen Felgenstücken durch Schienen mit einander zu verbinden.

Die Scheibe findet gewöhnlich in der Läuferruthe ihre Befestigung, woselbst sie in einen Schlitz eingesetzt wird, man durchbohrt alsdann die beiden Backen des Schlitzes so, dass theils der obenerwähnten Bedingung über das Vortreten der Scheibe vor die Läuferruthe Genüge geschieht, und theils auch das Bohrloch für die Axe nicht gar zu nahe an den vordern oder hintern Rand der Backen kommt; dass es genau in die Mitte derselben treffen muss, ist keineswegs nothwendig, insofern die Axe der Scheibe nicht allein im Holze steckt, sondern durch starke Schienen noch besonders unterstützt wird. Die Axe besteht bei den gewöhnlichen Rammen in einem losen Bolzen mit vorgestecktem und umgebogenem Splinte, und gemeinhin pflegt bei der Bewegung der Scheibe die Axe mit dieser zugleich einige Drehung anzunehmen; sie greift alsdann die Schienen, worauf sie ruht, in Kurzem sehr stark an. Aus diesem Grunde ist es vortheilhaft, die Schienen da, wo die erwähnte Axe hindurch geht, zu verstärken und mit förmlichen Pfannen oder Büchsen zu versehn, die gleich beim Ausschmieden dargestellt werden. Gemeinhin setzen sich diese Schienen noch weiter auf- und abwärts fort, und bei der Stützenramme ist es üblich, dass sie zugleich den Bolzen, durch welchen die Stütze gehalten wird, umfassen und bis unter die Ringe reichen, woran die Kopftaue befestigt werden. Dieselben Schienen reichen aber auch weit abwärts und erhalten da, wo sie gegen die Streben treffen, Verlängerungen, welche durch Charniere mit ihnen verbunden sind, und wieder den dritten Bolzen umfassen, der beide Streben mit der Läuferruthe verbindet. Fig. 167 zeigt diese Anordnung.

Gewöhnlich ist die Rille in der Scheibe nicht tief eingeschnitten und es entsteht alsdann die Besorgniss, dass das Tau herausfallen möchte. Um dieses zu verhindern, setzt man an die Läuferruthe zu beiden Seiten noch breite **Backenstücke** an, welche eben so weit, als die Scheibe selbst, nach vorn und nach hinten vortreten und dadurch ein Herausspringen des Taues unmöglich machen. Diese Backen darf man aber nicht allein durch Nägel befestigen, weil sie in diesem Falle sich lösen und

die Arbeiter herabstürzen könnten, mindestens muss auf jeder
te ein Schraubenbolzen, bei dem die Mutter recht fest ange-
gen ist, hindurchgehn.

Sobald die Scheibe viel grösser wird und einen Durchmesser
n 4 bis 5 Fuss erhält, was in Deutschland und Holland zwar
lst vorkommt, wohl aber in Frankreich und England, so darf
nicht mehr lose auf der Axe stecken, sondern letztere
ss in ihr befestigt sein und sich zugleich mit ihr umdrehn.
eses begründet sich dadurch, dass die Entfernung der Stütz-
nkte an der Axe, durch welche der Scheibe die senkrechte
ellung gesichert wird (ohne dass sie mit ihrem Radkranze gegen
Läuferruthe streifen darf), auf diese Art grösser wird und
nach eine Neigung nach der Seite nicht so leicht erfolgen kann.
enn sich aber nach der gewöhnlichen Einrichtung die Scheibe
n die Axe dreht, so schleift sich ihre Büchse nicht gleich-
ssig aus, sondern das ursprünglich cylindrische Loch wird
ld an beiden Seiten viel weiter als in der Mitte, und nunmehr
igt sich die Scheibe stark seitwärts und fängt an, heftig gegen
Ruthen oder die erwähnten Backen zu schleifen, wodurch
n der grosse Kraftverlust entsteht. Diesem Uebelstande beugt
n vor, wenn die Axe innerhalb der Scheibe viereckig und in
beiden vorstehenden Enden cylindrisch ausgeschmiedet und
d gefeilt, auch wohl abgedreht wird. Mit diesen Enden lässt
n sie in gehörigen Pfannenlagern laufen, und wenn sich
r nach und nach auch einige Abnutzung zeigt, die man jedoch
ch gehöriges Einschmieren sehr vermindern kann, so läuft
Scheibe dennoch immer frei und jene Reibung gegen die
the tritt nicht ein.

Die Pfannenlager kann man auf Knaggen legen, die nur
gen die Läuferruthen befestigt sind, doch sind in diesem Falle
chgehende Schraubenbolzen nothwendig, weil die Nägel sich
ht herausziehn. Dasselbe ist auch zu besorgen, wenn man
erne Eckbänder unter den Knaggen oder Riegeln anbringen
llte, die wieder nur mit Nägeln befestigt wären. Fig. 179
gt die Vorkehrung dieser Art, die bei den Rammen am Ems-
nale getroffen war. Jede Knagge wird da, wo sie die Pfan-
trägt, durch 2 Bolzen gehalten und die Knaggen verbreiten
h im obern Theile, so dass sie zugleich die Stelle der Backen

versehn. Man muss aber statt der Knaggen schon Riegel
anwenden, welche weiter rückwärts die Pfannen tragen, sobald
das Rad so gross wird, dass seine Axe mehr als einige Zoll
weit hinter die Läuferruthe trifft. Sehr einfach wird diese An-
ordnung, wie Fig. 180 (in der Seitenansicht und im horizon-
talen Querschnitte durch die Axe der Scheibe) zeigt, sobald die
Ramme zwei Läuferruthen hat. An jede derselben bolzt man
nämlich von aussen einen Riegel und beide Riegel sind auf der
andern Seite wieder mit der Strebe oder Stütze durch einen
Schraubenbolzen verbunden. Es ist dabei jedoch nothwendig,
dass die Stütze immer eine bestimmte Neigung gegen die Läufer-
ruthe behält.

Endlich wendet man auch zuweilen zwei Scheiben an,
und wenn dieselben recht gross sind, so kann man, wie bereits
erwähnt, dadurch den wichtigen Vortheil erreichen, dass die
beiden Rammtaue, die darüber geführt sind, schon in einer be-
deutenden Entfernung von einander herabhängen und sonach die
Arbeiter von einem oder dem andern weniger weit abstehn, folg-
lich auch die Zugleinen minder schräge gerichtet sind, als wenn
diese sämmtlich an einem Rammtau befestigt wären. Fig. 181
zeigt die Befestigungsart zweier Scheiben von 5 Fuss Durch-
messer, wie ich solche bei den Rammen im Hâvre sah. Jede
Scheibe hat neben sich zwei Riegel, die theils auf einer gegen
die Stütze gebolzten und durch Bänder unterstützten Schwelle
aufliegen und theils gegen die Läuferruthen und zwei Stiele be-
festigt sind. Diese Stiele stehn auf einer andern Schwelle,
welche wieder in gleicher Art, wie die erwähnte, von den Läufer-
ruthen getragen wird. Hierbei waren an die Oese des Ramm-
klotzes zwei Taue angesteckt, die dicht neben einander her-
liefen, und indem sie über die beiden Scheiben geführt wurden,
entfernten sich ihre hintern Enden schon 7 Fuss von einander.

Es ist bisher nur von hölzernen Scheiben die Rede gewe-
sen, zuweilen versieht man die Ramme aber auch mit ge-
eisernen Scheiben, oder es geschieht wohl, dass man die
Rille in der hölzernen Scheibe, um ein Abschleifen zu verhin-
dern, mit eisernen Schienen ausfüttert. Das erste kommt bei
den bessern Rammen in England ganz gewöhnlich vor und das
letzte sieht man nicht selten in Frankreich und namentlich

wo grössere Scheiben benutzt werden. Man glaubt häufig, dass das Rammtau, wenn es über Eisen oder überhaupt über Metall läuft, stark angegriffen wird, und namentlich, dass es sich dabei erhitzt und auf diese Art leidet. Die Erhitzung steht in genauer Beziehung zur Reibung, wenn daher letztere sehr gross ist, so wird auch die Abnutzung bedeutend werden, besonders wenn die Wärme so zunehmen sollte, dass das Tau etwa zu rauchen anfinge. Ich habe häufig mit gusseisernen Rammscheiben arbeiten lassen, aber dabei nie eine Erwärmung der Scheibe und ebensowenig des Taues wahrgenommen. Die Reibung und die daraus hervorgehende Abnutzung des Taues kann bei Anwendung gusseiserner Scheiben oder eiserner Schienen sehr bedeutend und viel grösser werden, als beim Holze, wenn das Eisen noch die rauhe Gussfläche hat, oder die Schienen mit einer groben Feile bearbeitet sind und wohl gar vorstehende scharfe Ränder haben. Man muss also möglichst dafür sorgen, vor dem Gebrauche solche Unebenheiten zu entfernen; der Nachtheil derselben ist hier viel grösser, als bei einer andern Benutzungsart der Scheiben, indem, wie bereits erwähnt, beim Aufschlagen des Rammklotzes die Scheibe sich noch weiter dreht, während das Tau festgehalten wird, und diese Bewegung der Scheibe wird um so länger dauern, je grösser ihr Gewicht und namentlich das ihres Kranzes ist. In der letzten Beziehung zeigt sich das Gusseisen aber gar nicht so ungünstig, denn wenn es auch ein viel grösseres specifisches Gewicht als Holz hat, so darf es dagegen auch viel schwächer gehalten werden, indem die vortretenden Ränder, welche die vertiefte Rille bilden, schon die Stelle von Verstärkungsrippen versehn, und wenn sonach eine gusseiserne Scheibe auch immer noch schwerer bleibt als eine hölzerne, so ist der Unterschied des Gewichtes dennoch nicht so bedeutend, dass er das Moment der Bewegung auf eine nachtheilige Art vermehren könnte. Der sehr wichtige Vortheil der gusseisernen Scheiben ist aber ihre Dauer und Festigkeit, auch lässt sich die Axe darin viel sicherer anbringen, so dass die Drehung weit regelmässiger als bei hölzernen Scheiben erfolgt. Dazu kommt aber noch, dass sie sich bei längerem Gebrauche sehr glatt auslaufen und die Rille mit der Zeit eine solche Politur annimmt, als wenn sie aufs Feinste ausgeschliffen

wäre. Alsdann ist die Abnutzung des Taues gewiss viel geringer, als bei hölzernen Scheiben.

Fig. 182 zeigt eine gusseiserne Scheibe, ähnlich der, welche schon bei Gelegenheit der Scheerramme (Fig. 168) erwähnt ist. Man kann dieselbe bei kleineren Rammen sehr zweckmässig benutzen und sie ist auch sonst ein brauchbares Inventarienstück auf jeder grösseren Baustelle. Ihre Construction ergiebt sich aus den Figuren und es ist dabei nur zu erwähnen, dass die Axe in die Scheibe festgekeilt ist und auf Pfannen ruht, welche seitwärts vor die Fassung vortreten; diese Fassung aber besteht aus zwei geschmiedeten Platten, die mittelst dreier Riegel mit einander verbunden sind. Jeder Riegel ist an jeder Seite mit einer Schraubenspindel versehn und durch jede Platte greifen drei solche Spindeln, die mittelst Muttern fest angezogen werden. Zwischen dem eigentlichen Riegel und dem Schraubengewinde befindet sich noch ein kurzer Theil mit quadratischem Querschnitte, dieser steckt in der Fassung und hindert das Drehen des Riegels, während die Schraubenmutter angezogen wird. Wenn die Riegel passend ausgefeilt sind, so erhält die ganze Fassung der Scheibe eine grosse Festigkeit. Es ist aber noch zu bemerken, dass durch die Mitte des obern Riegels ein Haken hindurchgreift, der unten mit einem Knopfe versehn ist und einen Wirbel bildet.

Das Rammtau ist jederzeit derjenige Theil des Apparats, der am schnellsten abgängig wird, und dieses rührt hauptsächlich vom stossweisen Anziehn her, wodurch das Tau nicht dauernd in einer gewissen Spannung erhalten wird, sondern eine solche abwechselnd immer eintritt und sogleich wieder aufhört. Aus diesem Grunde muss das Tau eine grössere Stärke erhalten, als wenn es nur dazu dienen sollte, den Rammklotz entweder ruhend zu tragen, oder mit mässiger Geschwindigkeit zu heben. Andrerseits ist aber ein grosser Durchmesser und ein grosses Gewicht für das Tau auch sehr nachtheilig, denn durch den erstern vermehrt sich die Steifigkeit und sonach auch die nöthige Kraft, die zur Ueberwindung derselben erforderlich ist, und das grosse Gewicht des Taues vermindert wieder den Effect des Klotzes beim Herabfallen. Aus diesem Grunde ist es zweckmässig, das beste Tauwerk, das man bekommen kann, zu wäh-

. Die Mehrkosten dafür werden, abgesehn von den übrigen rtheilen, durch die längere Dauer desselben reichlich ersetzt; Bedingung ist aber diese, dass das Rammtau bei geringem rchmesser und Gewichte recht fest und dabei möglichst bieg- m sein muss. Getheertes Tauwerk ist aus dem letzten Grunde ganz unpassend. Man hat vorzugsweise darauf zu sehn, dass s Tau aus reinem Hanfe gesponnen ist, und man überzeugt h hiervon, wenn man ein Ende aufzerrt, es in die einzelnen ränge und Drähte zerlegt und selbst diese noch löst und zu- cht, ob überall recht feine und biegsame Fäden vorkommen, er ob dieses nicht der Fall ist und vielleicht gar dazwischen ch Stückchen der holzigen Masse des Hanfstengels liegen. letzteren Falle ist das Tau schon im Allgemeinen von ge- ngem Werthe, als Rammtau aber ganz unbrauchbar. Ferner t es vortheilhaft, das Rammtau links spinnen zu lassen. Es erden nämlich gewöhnlich alle Drähte, sowie auch die Stränge, e schon aus den einzelnen Drähten (oder den zuerst gespon- nen Fäden) bestehn, rechts gesponnen, das heisst die Win- ng ist in derselben Richtung angebracht, wie bei der gewöhn- chen Schraube: hält man den Strang oder den Faden senkrecht r sich, so sieht man die Windung von der linken Seite nach r rechten ansteigen. Werden die Stränge zu einem Tau ver- nden, so spinnt man sie gewöhnlich wieder rechts; links ge- onnen ist aber dasjenige Tau, wo die Windung der Stränge rjenigen der einzelnen Fäden entgegengesetzt ist. Hält man n solches Tau wieder vor sich, so bemerkt man, dass die Windung von der rechten Seite nach der linken ansteigt. In esem Falle vermindert sich etwas die Steifigkeit der einzelnen äden und das Tau wird dadurch biegsamer, man meint aber, ss es sich stärker reckt oder ausdehnt, als das rechts ge- ponnene, was jedoch bei dieser Anwendungsart nicht gerade achtheilig ist.

Wenn das Tau aus vorzüglichem Material gesponnen ist, so genügt eine Stärke von 16 Linien im Durchmesser *) für einen

*) Bei Ankertauen und überhaupt bei der Takelage der Seeschiffe pflegt man unter der Benennung Stärke eines Taues nicht den Durchmesser, sondern den Umfang zu verstehn, doch ist diese Bedeutung hier nicht angenommen.

12 Centner schweren Klotz, und ein solches Tau pflegt sich bei fortgesetztem Gebrauche während der gewöhnlichen Arbeitsstunden einige Monate hindurch ohne Beschädigung zu erhalten. Zuerst wird es da angegriffen, wo es die Rammscheibe trifft, während der Klotz auf dem Pfahle steht. Diese Stelle ist zwar bald höher und bald tiefer; da aber die Anzahl der Schläge auf jeden Pfahl, so lange er noch schnell eindringt, sehr unbedeutend gegen diejenige bleibt, die ihn trifft, wenn er schon beinahe seine ganze Tiefe erreicht hat, so bestimmt sich die Stelle der stärksten Beschädigung im Rammtaue nach der Tiefe, zu welcher die Pfähle durchschnittlich eingerammt werden. Wenn diese Stelle nicht gerade in die Mitte des Taues trifft, so kann man, sobald sich Beschädigungen zeigen, dasselbe noch umkehren und das Ende, woran früher die Zugleinen angesteckt waren, an die Oese des Klotzes befestigen.

Das Anbinden des Taues an den Klotz geschieht in ähnlicher Art, wie bei Gelegenheit der Befestigung des Gestänges beim Bohren Artesischer Brunnen (§. 10) erwähnt, und zwar ebensowohl, wenn eine hölzerne, als wenn eine eiserne Oese am Rammklotze angebracht ist. Im letzten Falle darf man indessen das Tau nicht unmittelbar um diese Oese oder die Kramme schlingen, weil hier die Windung zu scharf wäre, der Gebrauch der ringförmigen eisernen Rinnen oder der Kauschen ist hier aber nicht passend, weil dieselben sich bei den starken Stössen zu leicht verbiegen. Man umwindet daher die Kramme einige Zoll hoch mit altem Tauwerk und darüber mit Leinen, wodurch eine noch weichere Unterlage gebildet wird, als die hölzerne Oese darbietet. Auch der Knoten im Tau erfordert hier grössere Vorsicht, und es ist gewöhnlich, dass, wenn auf die in Fig. 14 Taf. I. dargestellte Art der Schlag gemacht ist, man das kurze lose Ende des Taues in die einzelnen Stränge zerlegt und jeden derselben mehrmals zwischen die Stränge des andern Theiles hindurchzieht; um die letzteren von einander zu trennen, bedient man sich eines starken eisernen Dornes. Wenn diese Arbeit sorgfältig gemacht wird, so erhält das Tau wieder eine regelmässige Rundung, und hierdurch überzeugt man sich, dass alle Theile desselben gleichmässig tragen. Ein starker Faden wird

glichst fest umgewunden und zwar über die ganze
rin das Ende versteckt ist.
von der Scheibe herabhängenden Theil des Ramm-
n die Zugleinen angesteckt, deren Anzahl eben
t, wie die der Arbeiter. Sie dürfen nur etwa ein
tark sein, es kommt aber sehr darauf an, dass sie
Länge haben und recht hoch am Rammtau befestigt
Arbeiter müssen sich nämlich nach Maassgabe ihrer
s um das Rammtau gehörig gruppiren und sonach
ssern oft 10 Fuss und noch weiter von demselben
ifft es sich nun, dass die Zugleinen nicht bedeutend
, als dieser horizontale Abstand, so ist der Zug sehr
d die Arbeiter können in diesem Falle nur eine ge-
entwickeln, ausserdem aber überträgt sich auf das
ach nur der Theil von dieser Kraft, der vertical ab-
htet ist, und der horizontale Theil derselben wird
entgegengesetzten Zug aufgehoben, den die auf der
e stehenden Arbeiter ausüben müssen, wenn nicht
Rammtau eine schräge Richtung annehmen soll. Es
hieraus der Vortheil, den die Anwendung zweier
heiben (Fig. 181) gewährt, und es muss bemerkt
s man auch noch andere Mittel angewendet hat, um
e Mannschaft einen mehr senkrechten Zug mög-
chen. Hierher gehört namentlich, dass man einen
ernen Reif von etwa 10 Fuss Durchmesser durch
ier starke Leinen an das Rammtau horizontal auf-
an diesen die Zugleinen befestigt*); auch wählt man
zuweilen einen Baum oder eine Bohle, wie in Hol-
chieht, wodurch gleichfalls die Zugleinen etwas weiter
gebracht werden, aber sehr nachtheilig ist es hier-
nan ein Gegengewicht erzeugt, wodurch der Schlag
lotzes sehr geschwächt wird, es pflegen dabei auch
e Schwankungen einzutreten, welche ein scharfes
es Anziehn verhindern. Das vortheilhafteste und ein-
el zur Verhinderung eines sehr schrägen Zuges bleibt
er die Anwendung recht langer Zugleinen.

---

onet description des ponts. p. 589.

Demnächst müssen die **Knebel** oder die Handhaben, wo
die Arbeiter den Zug äussern, immer in der passenden Hö
sich befinden. Wenn dieses aber auch in einer gewissen Z
der Fall ist, so ändert es sich bald, denn wie der Pfahl wei
eingeschlagen wird, so hebt sich auch der Knebel höher u
der Arbeiter ist alsdann nicht mehr im Stande, den kräftig
Zug daran auszuüben. Hiernach muss in kurzen Zwischenz
ten immer ein Verstellen vorgenommen werden und dieses ka
auf zwei verschiedene Arten geschehen, nämlich entweder ei
die sämmtlichen Zugleinen an ein besonderes kreisförmig ge
wundenes Tau, das sogenannte **Kranztau**, gebunden, und die
ses steckt man, sobald es nöthig ist, mittelst eines hölzern
Pflockes immer höher an dem Rammtau fest. Fig. 183 zei
die gewöhnliche Befestigungsart des Kranztaues, und man be
merkt leicht, wie durch die Entfernung des Pflockes soglei
die durch das Kranztau hindurchgezogene Windung des Ramm
taues frei wird und sich dadurch die Verbindung löst. Andre
seits lässt man aber auch das Kranztau ganz fort, indem ma
die Zugleinen unmittelbar an das Rammtau bindet, alsdann kan
jeder Arbeiter den Knebel in der passenden Höhe befestigen un
so oft es nöthig ist, verstellen. In diesem Falle wird das End
der Zugleine um den Knebel gewunden, und indem man di
letzte Windung verkehrt aufsteckt, so bildet sich die Befesti-
gungsart, die Fig. 184 zeigt. Der Arbeiter kann den Knebel
mit aller Kraft herabziehn, ohne die Leine zu lösen, sobald er
aber den Knebel in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung
zurückdreht, so verlängert sich sogleich die Zugleine.

Die letzte Methode hat zwar den Nachtheil, dass man lange
Zugleinen braucht und dass dieselben dennoch, sobald ein neuer
Pfahl gesetzt ist, ziemlich tief am Ramtau hängen, wodurch der
Zug sehr schräge wird. Dieser Umstand ist aber insofern von
keiner Bedeutung, als der so eben gesetzte und daher noch lose
Pfahl nur schwacher Schläge bedarf, um schnell einzudringen.
Die Arbeiter pflegen in dieser Zeit auch gar nicht die Knebel
zu benutzen, ziehn vielmehr die Zugleinen und das Rammtau
nur mit den Händen herab und lassen auf solche Art den Klotz
kaum einen Fuss weit fallen; es ist sogar nothwendig, dass
Anfangs keine starke Schläge erfolgen, weil dabei der Pfahl

cht eine schiefe Richtung annehmen möchte. Viel wesent-
sind die Uebelstände, welche die Anwendung des Kranz-
mit sich führt: in den Pausen zwischen den einzelnen Hitzen
die nöthige Verstellung des Taues zwar vorgenommen wer-
wenn jedoch dabei die Arbeitszeit nicht gekürzt werden soll,
t hierzu ein besonderer Arbeiter erforderlich und dieser
sehr aufmerksam sein und immer in der passenden Höhe
Kranztau feststecken, weil sonst einzelne Hitzen mit weit
gerer Kraft geschlagen werden. Ferner leidet das Ramm-
durch die scharfen Windungen, die es beim Feststecken
hmen muss, um so mehr, als es jedesmal, nachdem das
ztau verstellt wurde, immer von Neuem festgezogen wird.
ich aber verlangen die Arbeiter, jenachdem sie näher am
mtau stehn und verschiedene Statur haben, auch eine ver-
dene Höhe des Knebels. Aus dem letzten Grunde muss
selbst in dem Falle, wenn das Kranztau angewendet wird,
och die beschriebene Befestigungsart der Knebel beibehal-
damit jeder diesen nach Belieben passend einstellen kann.
egen hat die unmittelbare Befestigung der Zugleinen an das
mtau keine Unbequemlichkeit, und selbst in dem Falle nicht,
n die Pfähle bis 30 Fuss tief eingeschlagen werden. Man
part dabei aber noch ein Bedeutendes an der Länge des
mtaues, denn dasselbe darf, wenn der Klotz an seiner tief-
n Stelle steht, nur etwa 3 Fuss über die Rammscheibe rei-
n, und in diesem Falle ist ein Umkehren des Taues, wie
n erwähnt worden, immer zulässig, sobald sich Beschädi-
gen darin zeigen.

Was die Ausführung der Rammarbeiten betrifft, so
rden die Arbeiter rings um das Rammtau gestellt, so dass sie
mtlich mit dem Gesichte demselben zugekehrt sind; sie dür-
dabei jedoch nicht zu dicht neben- und hintereinander stehn,
l man muss auf jeden einen Flächenraum von 5 bis 6 Qua-
tfuss rechnen. Eine zu grosse Verbreitung ist andrerseits
r auch nachtheilig, indem alsdann die Zugleinen gar zu
räge gerichtet werden. Für den Knebel, der in einem
ndrisch zugeschnittenen Holze von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser be-
t, genügt eine Länge von 12 Zoll, wenn nur das Ende der
leine daran gebunden wird, er muss aber mindestens 15 Zoll

lang sein, wenn noch 20 bis 25 Fuss Zugleinen daran geschlungen werden sollen. Die Windungen müssen auch in diesem Falle nur in der Mitte bleiben, und nie darf der Arbeiter während des Rammens darüber fassen, weil er sonst zu unbequem den Knebel halten würde. Die passendste Höhe für den Knebel ist diese, dass derselbe, sobald der Klotz auf dem Pfahle aufsteht, vor den Augen des Arbeiters schwebt, wenigstens ist dieses nothwendig, wenn man den einzelnen Arbeiter mit mehr als 30 Pfund belastet. Trifft auf jeden ein geringeres Gewicht, so ist es vortheilhaft, den Knebel noch einige Zolle über dem Kopfe hängen zu lassen, wodurch die Höhe des Zuges vergrössert wird. Der Arbeiter fasst mit beiden Händen von oben über den Knebel und drückt denselben abwärts. Dieses geschieht im Anfange jedes Zuges mit einer mässigen Geschwindigkeit, indem theils die Masse in Bewegung gesetzt werden muss und theils auch die Kraftäusserung noch ziemlich unbequem ist. Je weiter indessen der Knebel herabsinkt, um so vortheilhafter lässt sich der Druck dagegen ausüben. Zuletzt wird der Knebel mit steifen Armen nicht mehr gedrückt, sondern heftig gestossen, so dass der Klotz vermöge der erhaltenen Geschwindigkeit noch merklich höher heraufspringt und dadurch der Effect des Schlages sich ansehnlich vermehrt. Die ganze Höhe des Zuges oder die Tiefe, zu der der Knebel herabgedrückt wird, beträgt meist nur 3½ Fuss, in seltenen Fällen 4 Fuss; es ist indessen gewöhnlich, dass der Klotz 4 Fuss hoch springt, er gewinnt also gemeinhin einen halben Fuss Hubhöhe durch den Stoss, den er am Ende des Zuges noch erhalten hat. Man kann bei der gewöhnlichen Bemannung der Rammen in einzelnen Hitzen auch leicht die Hubhöhe bis auf 5 Fuss vermehren, und wenn die Arbeiter gerade recht animirt werden, so lassen sie wohl während einer geringen Anzahl von Schlägen den Rammklotz 6 bis 7 Fuss hoch springen. Büsch erzählt, er habe gesehn, dass bei Gelegenheit einer Wette ein 1800 Pfund schwerer Rammklotz durch 40 Menschen einmal 10 Fuss hoch geschleudert wurde. Man muss indessen dieses keineswegs als Norm ansehn und darf eine solche Leistung nicht dauernd verlangen, man kann vielmehr zufrieden sein, wenn durchschnittlich während der ganzen Arbeitszeit die Hubhöhe 4 Fuss beträgt

man verwechselt hierbei, wie auch sonst in der Maschinenlehre geschieht, die dauernde Arbeit mit einzelnen Probestücken, welche die Aufseher immer gern veranlassen mögen, sobald eine Besichtigung des Baues erfolgt, und die Arbeiter sind auch geneigt, in solchen Fällen sich besonders stark anzustrengen, da sie eben hierdurch auf eine grössere Nachsicht während der übrigen Arbeitszeit Ansprüche erwerben. Dieses Verfahren ist aber für den Bau immer nachtheilig, da im Allgemeinen die Leistung hierdurch geringer wird, als sie bei angemessenen Anforderungen sein könnte, wenn auf deren Erfüllung mit Strenge gesehn würde.

Bei uns rechnet man gewöhnlich auf **jeden Mann** ein **Gewicht** von 33 Pfund, wenn also der Rammklotz 6 Centner wiegt, so werden 20 Mann angestellt werden. Man weicht indessen häufig von diesem Satze bedeutend ab, indem man die Anzahl der Arbeiter entweder vermindert oder vermehrt. Bei den Rammarbeiten, die ich in den französischen Seehäfen ausführen sah, belastete man jeden einzelnen Arbeiter mit mehr als 40 Pfund, doch rechtfertigte sich dieses dadurch, dass man nur während drei Stunden zur Zeit der Ebben arbeiten konnte, es gab also höchstens 6 Arbeitsstunden am Tage und deshalb durfte man allerdings eine grössere Anstrengung verlangen. Bei den Arbeiten an der Brücke zu Orleans hatte man für die Ramme von 600 Pfund 16 Mann angestellt, es traf also auf jeden ein Gewicht von 37½ Pfund. In England rechnet man wieder auf 100 Pfund 3 Mann, was mit der ersten Angabe übereinstimmt. Sehr häufig geschieht es aber, dass man den einzelnen Arbeiter viel weniger belastet. Perronet sagt in der Abhandlung über die Grundpfähle *), dass man bei Rammklötzen

von 600 Pfund 24 Arbeiter
- 700 - 28 -
- 1200 - 48 -

anstellen müsse, es trifft also auf jeden nur ein Gewicht von 25 Pfund. Auch de Cessart stellte bei der Brücke zu Saumur bei einer Ramme, deren Klotz 1200 Pfund wog, 47 bis 50 Mann an. In Holland rechnet man gleichfalls auf den Mann nur 25

*) *Description des ponts.* p. 588.

Pfund. Bei den sehr ausgedehnten Arbeiten am Ems-
welche der Ober-Baurath Dammert mit grosser Sorgfalt
wurden die grössten Rammen, deren Klotz 2000 Pfun
mit 70 Mann besetzt, der einzelne Arbeiter zog also 28
Diese geringe Belastung scheint angemessen zu sein,
immer findet, dass wenn der Zug schon gegen 30 Pfu
trägt, alsdann mit viel geringerer Energie gearbeitet wi
die Pausen länger dauern und sonach die Leistung in
meinen schwächer wird. Es tritt hier dasselbe Verhält
wie bei jeder andern Maschine: der Effect setzt sich z
aus dem Producte des Zuges oder der Spannung in
schwindigkeit, womit derselbe ausgeübt wird, jemehr
erstern vergrössert, um so geringer wird die letzte,
Maximum des Effectes erreicht man gewöhnlich, wenn
bedeutend unter seinem Maximum ist. Bei den Ram
kann es freilich unter Umständen vortheilhaft werden,
zahl der Arbeiter zu vermindern und sonach jeden
stärker zu belasten. Dieses ist namentlich der Fall,
grosse Mannschaft angestellt wird, die nur bei dem ei
Rammen ihre volle Beschäftigung findet und während
fachen Nebenarbeiten beim Verfahren der Ramme und b
der Pfähle grossentheils nicht gehörig beschäftigt wer
namentlich giebt es auch im Anfange des Eintreibens j
les vielfachen Aufenthalt, da er seine Richtung leic
Es ist indessen nicht angemessen, sogleich den schwe
klotz zu benutzen, und wenn die Arbeit einige Ausde
so ist es viel vortheilhafter, sich zweier Rammen
nen, von denen die erste mit einem leichten Ramm
3 bis 4 Centner versehn ist. Diese geht voran u
16 Mann sind ausreichend, um die schwersten Pfähle
und so lange sie noch keinen grossen Widerstand fi
einzutreiben. Wenn die Pfähle aber schon einigerma
stehn, so folgt die zweite Ramme mit dem schweren
der stärkeren Bemannung. Die Arbeit der letztern
während des Verfahrens unterbrochen, ein Richten un
des Pfahles und ein vielfaches Verstellen der Ramm
Angriffspunkt nach Umständen zu verändern, ist n
nöthig, denn der Pfahl ist schon so tief eingedrunge

e Richtung nicht leicht verlassen kann. Der Klotz spielt
bei aber immer in mässiger Höhe und sonach braucht diese
nme nur niedrig zu sein. Bei den bedeutenden Rammarbei-
die sich in Pillau in jedem Jahre wiederholten, hatte ich
e Anordnung eingeführt und sie zeigte sich sehr vortheilhaft.
Die Rammarbeit ist so anstrengend, dass sie durch viel-
e Pausen unterbrochen werden muss. Es erfolgen jedes-
20 bis 25 Schläge unmittelbar nacheinander: man nennt
es eine Hitze und alsdann tritt eine Pause von 2 bis 3 Mi-
en ein. Ein kräftiger und zuverlässiger Arbeiter, der bei
übrigen Mannschaft in Achtung steht, leitet durch seinen
uf diese Arbeit. Er führt gewöhnlich nicht eine Zugleine,
dern hält das Hauptiau und steht sonach in der Mitte der
eiter; da das hintere Ende des Rammtaues gemeinhin das
wanztau genannt wird, so heisst er der Schwanzmeister.
nn man, wie oben erwähnt worden, ein neues Rammtau nur
der Länge anfertigen lässt, dass die Zugleinen bequem an-
teckt werden können, so ist das Schwanztau nicht vorhanden,
an sich durchaus entbehrlich ist, wie es bei französischen
nmen auch immer fehlt, die Arbeiter pflegen indessen hier-
nicht zufrieden zu sein, und man muss wenigstens gestatten,
s ein Ende des unbrauchbar gewordenen alten Taues noch
Schwanztau angesteckt wird.

Wenn auf alle drei Minuten eine Hitze trifft, so werden in
Stunde 20 und während der 10 Arbeitsstunden 200 Hitzen
geführt. Dieses kann man aber nicht leicht erreichen und
bringt es sogar selten auf 150. De Cessart erzählt, dass
nur mit recht starken Arbeitern, die überdies für jede Hitze
onders bezahlt wurden, es bis zu 170 Hitzen am Tage brin-
konnte. Es ergiebt sich hieraus, dass die Tagesthätig-
it eines bei der Ramme angestellten Arbeiters, oder die An-
l Pfunde, womit er belastet ist, multiplizirt in die ganze
he, zu welcher er sie erhebt, nur ungefähr 300000 beträgt.
ulomb*) führt an, dass bei einer Münze in Paris, wo über
Anzahl der wirklich gemachten Schläge kein Zweifel statt-

*) *Théorie des Machines simples*, *nouvelle édition*. Paris 1821.
. 283.

finden konnte, sich bei der Ramme die Tagesthätigkeit eines Arbeiters durchschnittlich nur auf 270000 belief. Da nun aber die Tagesthätigkeit beim Drehn einer Kurbel 790000 und beim Steigen sogar 1400000 beträgt, so ergiebt es sich, dass die Arbeiter bei der gewöhnlichen Ramme sehr unvortheilhaft angestellt werden und der Effect viel grösser ausfallen würde, wenn man statt des so sehr ermüdenden stossweisen Anziehens eine gleichmässige Kraftentwickelung zur Bewegung der Ramme anwenden könnte.

Ein andrer Uebelstand, der wieder die Wirksamkeit der Zugramme schwächt, beruht darauf, dass so viele Arbeiter zugleich angestellt sind und es unmöglich ist, die Leistung des Einzelnen genau zu beurtheilen. Man muss bei allen Verrichtungen, die nicht auf Accord ausgeführt werden, die Arbeiter möglichst zu trennen suchen, damit man den Fleiss jedes Einzelnen zu beurtheilen im Stande ist. Bei der Ramme ist dieses nicht möglich, und dem Arbeiten auf Accord stehn die vielen Zufälligkeiten entgegen, die namentlich in der Ungleichmässigkeit des Baugrundes liegen und welche eine Vorherbestimmung der Arbeitszeit für jeden Pfahl nicht zulassen, selbst wenn bereits mehrere Pfähle auf derselben Baustelle eingerammt sind. Eine Uebertragung des Risicos auf den unbemittelten Tagelöhner ist aber durchaus unbillig, sie ist auch nur durch sehr grosse Zugeständnisse zu erlangen, so dass dabei für den Baufonds kein Vortheil erreicht werden kann. Es kommt daher ein Ausführen der Rammarbeiten auf Accord beinahe nie vor und höchstens kann man, wie de Cessart es that, in Betreff der Anzahl von Hitzen, die täglich geschlagen werden, einen Accord abschliessen, wobei aber eine sehr genaue und zuverlässige Aufsicht erforderlich wird und nicht nur die Anzahl der Hitzen, sondern auch die der Schläge in jeder Hitze und die Erhebung des Klotzes ausbedungen werden muss, was nicht leicht ist. Gemeinhin begnügt man sich damit, einen tüchtigen Schwanzmeister anzustellen, der guten Willen hat und dem die Leute zu folgen geneigt sind; wenn aber mehrere zuverlässige Arbeiter in der Mannschaft sich befinden, so beurtheilen sie ihre Cameraden sehr richtig und leiden es nicht, dass einzelne darunter sich zu wenig anstrengen. Die schlechtesten Arbeiter erkennt

man auch daran, dass ihre Zugleinen beim Niederfallen des Klotzes steif bleiben; sie lassen sich nämlich, wenn sie sich mit den andern auch zugleich gebückt haben, durch den Klotz wieder heraufziehn und schwächen dadurch die Kraft des Schlages. Man muss also bei der Beaufsichtigung von Rammarbeiten vorzugsweise hierauf aufmerksam sein, und wenn man sieht, dass einzelne Leinen nie schlaff werden, sondern immer gespannt bleiben, die betreffenden Arbeiter sogleich entfernen.

Beim Bau der Brücken über die Havel und Elbe in der Potsdam-Magdeburger und Magdeburg-Wittenberger Eisenbahn wurden durch eine sehr zweckmässige Anordnung in den Rammarbeiten besonders günstige Resultate erreicht. Diese stellten sich indessen erst heraus, nachdem die Mannschaften sich aus besonders kräftigen Leuten zusammengefunden und längere Uebung erworben hatten. Die Arbeiten wurden in Accord ausgeführt und zwar in der Art, dass ein gewisser Tagelohn jedem Einzelnen als Minimum zugesichert war, und hierin die Bezahlung für 140 Hitzen bestand, dass jedoch die folgenden Hitzen besonders bezahlt wurden. Der Klotz wog 18 Centner und wurde durch 60 Mann in Bewegung gesetzt. Jede Hitze zählte 40 Schläge, von denen jeder $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fuss hoch war. Gemeinhin wurden mehrere Hitzen, und oft 4 bis 5 derselben ohne Pause geschlagen; in seltenen Fällen sogar 8 bis 9, oder 320 bis 360 Schläge unmittelbar auf einander folgend. Die Anzahl der Hitzen stieg an einem Tage, wenn die Ramme nicht oft verstellt werden durfte, auf 270 und im Maximum auf 280 Hitzen. In diesem Falle verdiente jeder Arbeiter das Doppelte des ihm zugesicherten Tagelohnes.

Die Schläge waren indessen zuweilen viel stärker, und besonders wenn ein Pfahl schon beinahe den festen Stand erreicht hatte. Der Klotz wurde nämlich so hoch geschnellt, dass die Arbeiter nicht nur mit den an die Zugleinen befestigten Knebeln gegen den Bohlenboden stiessen, auf dem sie standen, sondern ehe der Klotz sich stark gesenkt hatte, schlugen sie ausser dem ersten Stosse noch zweimal auf den Boden, so dass man bei diesem Rammen zwischen den starken Schlägen des Klotzes noch das laute Trommeln mit den Knebeln vernahm. In diesen sogenannten Trommelhitzen betrug die Fallhöhe des Klotzes $6\frac{1}{4}$ bis

7 Fuss, und 40 Schläge derselben wurden als anderthalbfache gewöhnliche Hitze oder eben so, wie 60 andre Schläge vergütet.

Bei Beschreibung der Rammgerüste ist schon von den Vorkehrungen zum Setzen der Pfähle die Rede gewesen. Gemeinhin werden zu diesem Zwecke Winden angebracht, wodurch man zwar den Pfahl sicher heben kann, aber nur durch die Kraft weniger Arbeiter und daher sehr langsam, während die übrigen in dieser Zeit unbeschäftigt bleiben. Häufig fehlt die Winde, und es befindet sich am Kopfe der Ramme ein Haken, woran man einen Flaschenzug hängen kann. Letzterer gehört auf jeder grösseren Baustelle zu den nothwendigsten Inventarienstücken und es wird daher eine nähere Beschreibung der Construction und Erfordernisse desselben nicht überflüssig sein.

Der Flaschenzug oder das Takel besteht bekanntlich aus zwei Blöcken und jeder derselben kann eine oder mehrere Scheiben oder Rollen enthalten, man nennt ihn hiernach einen einscheibigen, zweischeibigen Block u. s. w. Wenn mehrere Scheiben in dem Blocke befindlich sind, so stehn sie nebeneinander, so dass sie sich um eine gemeinschaftliche Axe drehn. Nur sehr selten sieht man noch die in den Lehrbüchern der Mechanik dargestellte Anordnung, dass die eine Scheibe unter der andern angebracht ist: solche Blöcke heissen Violinblöcke. Diese Einrichtung ist aber unzweckmässig, weil die auf der innern Seite des Flaschenzuges befindliche Scheibe sehr klein sein muss, damit die darüber gezogene Leine nicht gegen diejenige streift, welche über die äussere Scheibe läuft. Ein solches Streifen von einer Leine gegen eine andere muss man aber immer vermeiden, weil dadurch nicht nur Reibung entsteht, sondern auch eine starke Abnutzung erfolgt. Demnächst ist diese Anordnung aber auch kostbarer als jene, wo die Scheiben neben einander liegen und auf derselben stecken, und hierzu kommt noch, dass die ganze Hubhöhe bei gleicher Befestigung der Blöcke und bei gleicher Länge der eingeschornen Leine geringer wird.

Fig. 185 *a* und *b* stellt einen gewöhnlichen dreischeibigen Block in der Ansicht von vorn und von der Seite dar, und Fig. 185 *c* zeigt denselben, nachdem er mit der Stroppe (einer Schlinge aus starkem Tau) und der Kausche versehn worden.

Die Scheiben werden aus dem sehr festen und harzigen Guajak- oder Pockholze gedreht und eben daraus besteht auch der Nagel oder die Axe, auf der die Scheiben laufen. Dieses Holz ist nicht nur fest und nutzt sich wenig ab, da es wegen seines starken Gehaltes an Harz nicht leicht Feuchtigkeit anzieht und daher weder zu quellen, noch sich zu werfen pflegt, wenn es auch nass geworden oder nasses Tauwerk darüber gezogen ist. Der Nagel, der gleichfalls abgedreht ist, steckt nicht sehr fest in der Fassung, und kann mit Leichtigkeit herausgeschlagen werden, er darf aber nicht so lose sein, dass er sich mit der Scheibe umdreht. Die Schmiere, die man hier von Zeit zu Zeit anbringt, und namentlich sobald der schrillende Ton beim Gebrauche des Takels sich hören lässt, besteht in reinem Talg; man schmiert dasselbe nicht nur in das Loch der Scheibe, sondern man reibt damit auch ihre beiden Seitenflächen ein, weil letztere sich immer gegen die Fassung lehnen. Beim Ankaufe eines Blockes muss man besonders darauf achten, dass die Schlitze für die Scheiben unter sich parallel ausgeschnitten sind und das Bohrloch für den Nagel in beiden Richtungen auf jenen Schlitzen senkrecht steht; ferner müssen die Scheiben sich nicht gegen die Fassung klemmen, doch dürfen sie auch nicht zu viel Spielraum haben, und die Rille, worin die Stroppe zu liegen kommt, die aber in der Nähe des Nagels immer verschwindet, muss keine scharfen Ecken haben, damit das Tau in sanfter Biegung herumgeführt werden kann. Hat der Nagel sich beim Gebrauche etwas ausgelaufen, so kann man ihn noch umdrehn, da er nur auf einer Seite angegriffen wird; sobald er aber merklich eingeschnitten ist, so muss man ihn durch einen andern ersetzen. Die Fassung besteht aus Eschenholz, das sich hierzu theils durch seine Härte, besonders aber durch seine Zähigkeit empfiehlt, indem es auch bei einem starken Stosse oder Schlage nicht leicht ausspringt oder splittert.

Will man einen Block gebrauchen, so muss er mit der Stroppe versehn werden, dieselbe umfasst aber zugleich die Kausche (die ringförmig gebogene Rinne aus starkem Eisenblech), worin der Haken befestigt wird. Das Umlegen der Stroppe geschieht auf folgende Art: man zieht das Tau über die Kausche und den Block und schneidet es so ab, dass es etwa auf einen Fuss Länge doppelt ist. Nachdem der Block entfernt ist, löst

man die Stränge der beiden Enden auf und verknüpft und versteckt sie sorgfältig ineinander, so dass sich hier wieder ein möglichst gleichmässiges Tau bildet. Man darf hierbei aber keineswegs ganz willkührlich die Stränge verstecken, sondern man muss der Windung des Taues folgen und überhaupt sich bemühn, alle Stränge so zu legen, als ob sie vom Seiler zusammengesponnen wären. Durch starkes Schlagen mit einem hölzernen Hammer reguliren sich noch die Windungen und man windet alsdann recht fest einen starken dünnen Faden um den zusammengesteckten Theil und verknüpft die Enden des Fadens, damit sie nicht lose werden. Nunmehr zieht man den Block wieder ein und nachdem man ihn gehörig gerichtet hat, windet man eine starke dünne Leine wieder besonders fest zwischen der Kausche und dem Blocke um die Stroppe, wodurch die gehörige Spannung und die sichere Lage der letztern erreicht wird. Hierbei kommt es besonders darauf an, dass, wenn der Block am Haken hängt, die Scheiben eine senkrechte Stellung annehmen, und man muss auch während des Gebrauches des Flaschenzuges hierauf immer aufmerksam bleiben, indem leicht ein Verschieben erfolgt und dadurch nicht nur eine starke Reibung entsteht, sondern sich auch der Block und die eingeschorne Leine sehr abnutzt. Durch die Stroppe wird von beiden Seiten der Nagel bedeckt, so dass er nicht herausfallen kann, doch pflegt die Stroppe bald so lose zu werden, dass man sie etwas seitwärts schieben und den Nagel herausziehn kann, wenn das Schmieren nöthig wird. An einem von beiden Blöcken des Flaschenzuges muss noch die einzuscheerende Leine befestigt werden, und dieses geschieht entweder, indem man sie unmittelbar durch die Stroppe hindurchzieht und anknüpft, oder noch besser ist es, eine zweite Kausche auf der andern Seite des Blockes an die Stroppe auf dieselbe Art, wie die erste, zu befestigen, worin alsdann das Ende der Leine jedesmal eingehakt werden kann.

An diesen Blöcken kommt ausser der Kausche gar kein Eisen vor, doch findet dieses nicht immer statt und häufig werden sie auch mit Eisen beschlagen. Es leidet keinen Zweifel, dass sie im letzten Falle viel dauerhafter sind, doch vergrössert sich alsdann auch ihr Preis und das Aufbringen des Beschlages muss mit grosser Sorgfalt geschehn, wenn dadurch nicht die Reibung

werden soll. Es gehört überhaupt das Beschlagen eines
zu den schwierigsten Schmiedearbeiten, und wenn man
nöthige Sorgfalt und Geschicklichkeit dabei voraussetzen
thut man besser, den Block so zu benutzen, wie er aus
des Blockmachers kommt, wobei die Scheiben und Nägel
hörig abgedreht zu sein pflegen. Ein beschlagener Block
e eiserne Axe und deshalb muss die Scheibe mit me-
ichsen versehn sein; die letzten werden gegenwärtig sehr
s Gusseisen dargestellt und sind alsdann viel billiger,
sie geschmiedet werden. Sie erhalten, wie Fig. 186
ei Lappen, worin die Bohrlöcher nach aussen erweitert
ait man Nägel mit versenkten Köpfen einsetzen und die-
f der andern Seite der Scheibe, wo gleichfalls eine
ngelassen ist, vernieten kann, so dass die Flächen auf
iten ganz eben bleiben und nirgend das Eisen vortritt,
die Fassung des Blockes leiden und die Scheiben den
luss verlieren würden. Das Einlassen der Büchsen in
e muss mit grosser Sorgfalt geschehn, damit die Löcher
Seiten sich einander genau gegenüberstehn und in
der Scheibe treffen: der Bolzen, um den die Scheiben
n, muss auch genau cylindrisch geformt sein, und am
es, wenn er abgedreht wird. Er ist auf der einen
einem Kopfe und auf der andern mit einem Schrauben-
versehn, auf welches eine Mutter passt, die ihn fest hält.
sich aber nicht etwa mit der Scheibe zugleich umdrehn
durch die Mutter sogleich gelöst sein würde, so ist er
m Kopfe viereckig ausgeschmiedet und dieselbe Form
die Oeffnung in dem Beschlage der Fassung. Den
Ring, der die Fassung des Blockes umgiebt, zeigt Fig.
zwar mit einem Haken, der sich drehen lässt; häufig
ihm aber sowohl oben wie unten eine solche Oese, wie
am untern Ende zeigt und worin ein Haken oder Ring
iedet werden kann. Die Schwierigkeit besteht hierbei
lich darin, dass sowohl der obere Haken, als die untere
an in die Längenaxe des Blockes fallen müssen, oder
Block am Haken oder der Oese aufgehängt wird, müs-
Scheiben sich in senkrechter Lage befinden. Ausserdem
ch nöthig, dass die Axenlöcher im Beschlage genau den

Löchern im Blocke entsprechen, und endlich muss der Besc
sich recht fest um den Block umlegen, ohne dass dieser d
das glühende Eisen gelitten hat und wohl gar theilweise ver
ist. Der Bügel, der den Beschlag bilden soll, muss so
unter wiederholtem Aufpassen ausgeschmiedet werden, und d
dieses geschehn kann, so ist er anfangs noch nicht mit der e
Oese versehn, sondern nach einer weiteren Krümmung abgera
Sobald er aber aufgelegt wird, so bildet man die untere O
indem man die Ecken zwischen derselben und dem Blocke
biegt und dadurch den Beschlag scharf anzieht.

Wenn ein Pfahl gesetzt werden soll, so wird entwede
vordere Ende des Windetaues, das vom Krahnbalken herabh
oder wenn der Flaschenzug benutzt wird, ein am untern B
angestecktes Tau an den Pfahl befestigt. Dieses ges
am leichtesten auf die Fig. 188 dargestellte Art. Die
Schlinge, die nur durch Umlegung des Taues gebildet wir
allein schon hinreichend, die meisten Pfähle zu halten, wenn
nur, sobald sie zu tragen anfängt und ehe der Pfahl die ho
tale Lage verlässt, sie recht fest anzieht, was durch Herabs
der Schleife leicht zu bewirken ist. Wenn dagegen der
glatt ist, so dass ein Abgleiten zu besorgen ist, so bring
noch den einfachen Schlag an, der im obern Theile der
Figur dargestellt ist, und in manchen Fällen muss der Sic
wegen noch ein zweiter ähnlicher Schlag weiter aufwärts g
werden.

Die Leine, welche in den Flaschenzug eingeschoren ist
nen nur zwei und höchstens drei Arbeiter unmittelbar hera
und selbst diese müssen Uebung haben, wenn sie gleich
und kräftig wirken und sich gegenseitig nicht hindern
Um die übrigen Arbeiter hierbei zu beschäftigen und d
theils das Heben des Pfahles überhaupt möglich zu mach
theils dieses zu beschleunigen, so befestigt man an die S
der Ramme noch einen einscheibigen Block, der wegen der
wo er befestigt ist, der Fussblock genannt wird, zieht
selbigen jene Leine und lässt an deren hinteres Ende, w
horizontal gerichtet ist, die ganze übrige Mannschaft an
Auf solche Art wird die ganze disponible Kraft zu diesem Z
gehörig benutzt, und wenn der Pfahl leicht, oder die Man

ist, so hebt letztere wohl nicht mehr stossweise, sondern
llen Zuge den Pfahl und alsdann erfolgt das Setzen beson-
schnell.

Man bringt den Pfahl so weit, dass er frei vor der Läufer-
schwebt, der Rammklotz muss aber schon früher so hoch
ben worden sein, dass er das gehörige Setzen des Pfahles
hindert, und er wird in dieser Stellung durch einen Vor-
kbolzen gehalten, den man in eins der dazu angebrachten
er in die Läuferruthe steckt. Der Pfahl wird, während er
schwebt, in diejenige Richtung gebracht, in welcher er ein-
mmt werden soll, und wenn er vielleicht etwas gekrümmt,
ein anderer Grund vorhanden ist, ihn in einer gewissen
einzurammen, so muss man ihm diese jetzt schon geben,
hn sogleich durch ein umgeschlungenes Tau gegen die Läufer-
befestigen. Gewöhnlich wird die Winde oder die Leine im
henzuge plötzlich gelöst, damit der Pfahl mit Heftigkeit in
Grund eindringt. Dieses Verfahren ist aber nicht passend,
wenige schwache Schläge mit dem Rammklotze dieselbe
ung hervorbringen und beim Herablassen des Pfahles die
sicht auf seine gehörige Einstellung besonders wichtig ist.
t daher besser, dass man den Pfahl langsam herab-
t, indem man ihn mit Hebeln oder Brechstangen und durch
schlungene Leinen leitet, auch wenn seine Spitze schon in
Grund eingedrungen ist, darf man nicht aufhören, seine
ng immer aufs Neue zu prüfen, und wenn man Abweichun-
entdeckt, durch Verstellen der Ramme und durch Herüber-
und Absteifen des Pfahles solche wieder zu entfernen, was
nfange der Rammarbeit auch bald gelingt. Späterhin ist
unausgesetzte Sorgfalt weniger nöthig und es giebt alsdann
kein Mittel mehr, die Richtung des Pfahles noch bedeutend
rändern.

Häufig trifft es sich, und besonders kommt dieses bei Grund-
n vor, dass der Pfahl so tief eingerammt werden soll, dass
ihn nicht mehr unmittelbar mit dem Rammklotze erreichen
Bei der Scheerramme tritt dieser Uebelstand nicht ein,
die Scheere sich leicht durch Einsetzen anderer Bäume
ngern lässt, und selbst bei der von Perronet benutzten Ramme
166) kann man bis unter die Schwelle herab den Ramm-

klotz spielen lassen. Bei den gewöhnlichen Rammen m
in solchem Falle sich des **Aufsetzers** oder des Kn
bedienen. Fig. 189 zeigt denselben: er besteht in eine
nen Klotze, der oben mit zwei oder einem Arme ve
die denen des Rammklotzes gleichkommen; mit diesen
er die Läuferruthe, oder greift durch selbige hindurch
auch dahinter wieder mit einem Riegel gehalten, so d
Stellung gegen die Läuferruthe gehörig gesichert ist. A
Ende ist er mit einem eisernen Dorne versehn von etw
Länge und dieser greift in ein Bohrloch, das im P
angebracht ist. Sobald der Aufsetzer gebraucht werden
wird zunächst der Kopf des Pfahles, der gemeinhin sch
geschlagen ist, abgeschnitten und das Loch für den e
Dorn eingebohrt, man muss aber darauf sehn, dass
der passenden Stelle angebracht wird, damit der Auf
die Richtung der Läuferruthe und des Pfahles trifft.
wendung dieses Aufsetzers bemerkt man jedesmal ein
tende Schwächung des Effectes der Ramme, was eine F
der Uebertragung des Stosses von dem einen Klotze
andern ist; dieser Verlust wird aber noch bedeutend
die Oberflächen des Pfahlkopfes und des Aufsetzers n
aus festen Holzfasern bestehn, diese sich vielmehr ge
umgelegt haben.

Aus den Beobachtungen, die ich mit dem Mod
Ramme anstellte, ergab sich, dass wenn abwechselnd
wisse Anzahl von Schlägen den Klotz unmittelbar traf,
eben so grosse Anzahl und zwar mit gleicher Hubhöhe d
auf den Aufsetzer geführt wurde, der Aufsetzer den
nahe um ein Drittel schwächte. Bestand der Aufsetze
einem Korke, so betrug der Verlust beinahe die Hälf

Wenn Pfähle **schräge** eingerammt werden sollen
die Ramme so gestellt werden, dass die Läuferruthe
tung des Pfahles parallel ist. Mittelst der oben bes
Stützenramme (Fig. 167) ist dieses leicht auszuführen
len richtet man auch andere Rammen mit fester Ver
so ein, dass durch verschiedene Befestigung der rück
gebrachten Stützen, der vorderen Wand eine beliebig
gegeben werden kann. In einzelnen Fällen hat man

h durch senkrechte Schläge die Pfähle schräge und oft stark
eigt eingerammt, indem man den Pfahlkopf jedesmal so ab-
teifen sich bemühte, dass derjenige Theil des Stosses, der
mal gegen die Axe des Pfahles gerichtet war, aufgehoben
rde. Dabei ist aber jedesmal der Verlust an lebendiger Kraft
r gross, was sich schon aus den heftigen Erschütterungen
l Beschädigungen der Rüstung bemerken lässt. Neben der alten
serbrücke in Bremen sah ich einst auf diese Art einen Pfahl
rammen, der etwa 30 Grade gegen das Loth geneigt war.
enn er auch wirklich nach und nach etwas tiefer eingetrieben
rde, so geschah dieses doch so unmerklich, dass es eine
eraus kostbare Arbeit zu werden schien, und dieses um so
hr, als die Absteifungen und die ganze Rüstung bei den Er-
hütterungen wiederholentlich sich lösten, auch einzelne Stücke
achen, wodurch wieder lange Unterbrechungen in der Arbeit
ranlasst wurden.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass man zuweilen auch
n Fahrzeugen und besonders von breiten und platten Prah-
en aus die Rammarbeiten ausführt, namentlich wenn im Wasser
ne Rüstung oder auch ein Fangedamm erbaut werden soll.
arke Grundpfähle wird man auf diese Art freilich nicht ein-
mmen, weil die Arbeit zu unsicher ist, auch manche Schwie-
gkeiten dabei eintreten; das gewöhnliche Verfahren ist vielmehr
eses, dass die eigentliche Rammarbeit erst später, und zwar
t Benutzung der auf diese Art ausgeführten Rüstung vorge-
mmen wird. Beim Gebrauche der auf Fahrzeuge gestellten
mmen tritt leicht ein starkes Schwanken ein, indem der Klotz,
r immer über das Fahrzeug hinaus hängen muss, beim Her-
fallen und beim Aufschlagen auf den Pfahl, das Fahrzeug
r nicht belastet, wohl aber während er aufgezogen wird einen
rken Druck veranlasst, der sogar, wenn er schnell gehoben
rd, viel grösser, als sein Gewicht ist. Auf diese Art wird
r der Läuferruthe die Belastung des Fahrzeuges abwechselnd
ld grösser und bald kleiner und dadurch entsteht ein Schwan-
n, was jedesmal sehr merklich ist und oft so stark wird,
ss es die Fortsetzung der Arbeit verhindert und man jede Hitze
f wenige Schläge beschränken muss. Man kann diesen Uebel-
and wesentlich vermindern, wenn man die Ramme so stellt,

dass die vordere Schwelle senkrecht gegen die Längen
Prahmes gerichtet ist, doch braucht man in diesem Fa
Prahme, und dieselben sind so zu verbinden, dass der ei
mende Pfahl zwischen sie trifft. Häufig erlaubt die Stell
Pfähle nicht diese Anordnung, alsdann findet sich aber
legenheit, die Ramme oder den Prahm gegen die bere
stehenden Pfähle zu stützen. Man kann auch dem Sch
begegnen, wenn man einen Baum quer über den Prahm l
unter das hintere Ende desselben einen Nachen bringt,
noch beladen wird, um nicht so leicht gehoben zu werde
ser Baum wird sowohl an beide Seitenwände des Prahm
an den Nachen befestigt, und er verhindert die Schwan
um so vollständiger, in je weiterer Entfernung er den
fasst. Ich habe dieses Mittel vielfach benutzt und dad
Schwankungen so vermindert, dass sie nicht mehr störend
Dieselbe Anordnung war auch noch sehr vortheilhaft, w
geringerer Wellenschlag statt fand, der ähnliche Schwan
erzeugt haben würde.

§. 37.

Die Kunstramme.

Wenn man eine Zugramme, wie vorstehend beschri
Wirksamkeit sieht, und wahrnimmt, dass die vielen M
die dabei angestellt sind, bei Weitem den grössten T
Zeit hindurch müssig stehn, und dass sie dieser Ru
wirklich bedürfen, indem die Anstrengung während de
Dauer einer Hitze von 40 bis 60 Secunden so gross i
eine lange Unterbrechung eintreten muss, so vermisst m
gänzlich den geregelten und gemessenen Gang und d
legte Verwendung der dazu bestimmten Betriebskräfte,
die neueren Maschinen sich so vortheilhaft auszeichne
bemerkt auch, dass die Arbeiter sehr unzweckmässig
Zugramme beschäftigt werden, denn diese starke Anst
welche so schnell eine völlige Erschöpfung herbeiführ
unmöglich dem Maximum des Effectes für die ganze Tag
keit entsprechen: die im vorigen Paragraph angegebe
fahrungen zeigen auch, dass dieses sich wirklich so

dass dieselben Arbeiter schon dreimal soviel leisten könn- wenn sie an Kurbeln angestellt wären. Demnächst ist aber Vereinigung so vieler Menschen zu gleichem Zwecke auch unvortheilhaft und man hat auf den Baustellen vielfache egenheit, sich davon zu überzeugen, dass die Leistungen des zelnen immer um so geringer werden, mit je mehr Mitarbei- er zusammenwirken soll: können z. B. zwei Mann ein isses Stück Holz noch leicht aufheben, und schnell fort- en, so genügen acht Mann nicht, um ein viermal so schwe- Stück zu bewegen. Dieses wiederholt sich in allen Fällen, theils die Leistungen weniger gleichmässig und überein- mend sind, theils aber auch Keiner zum Vortheil der Andern anstrengen mag. Hiernach begründet sich die Regel, dass die Arbeiter wo möglich immer so anstellen muss, dass die stungen jedes Einzelnen sicher controllirt werden können, ein Zusammenwirken Vieler, wie bei der gewöhnlichen mmarbeit muss, soweit es irgend geschehn kann, vermieden den.

Hiernach liegt der Gedanke sehr nahe, durch irgend eine hanische Vorrichtung den Rammklotz aufzuheben und dadurch Anzahl der Arbeiter an der Ramme zu beschränken. Man auch bereits seit langer Zeit vielfache Vorschläge zu diesem cke gemacht und es fehlt keineswegs an Erfahrungen, welche en, dass man auf diesem Wege zu sehr günstigen Resulta- gelangen kann: in England sind solche Rammen sogar ganz öhnlich geworden. Nichts desto weniger hat die Zugramme uns ihre eifrige Vertheidiger behalten und es fehlt auch t an Beispielen dafür, dass Versuche, die man mit Kunst- men anstellte, missglückt sind. Wenn aber ein Versuch instig ausfällt, so folgt daraus noch keineswegs, dass die ie unbedingt verwerflich ist, denn auch die unpassende An- ung oder der Mangel an Sorgfalt kann Veranlassung des sglückens gewesen sein. Was die Kunstrammen betrifft, so en sich die günstigen Resultate, die man durch sie wirklich icht hat, nicht mehr in Zweifel ziehn; wenn sie daher bei ern Versuchen unzureichende Effecte zeigten, oder keinen elmässigen Gang annahmen, so kann man nur voraussetzen, s dieses die Folge einer mangelhaften Anordnung oder Aus-

führung war, oder von der Sorglosigkeit in der Aufstellu
rührte. Diese Ramme erfordert allerdings in der Unter
einzelner Theile eine weit grössere Sorgfalt, als die g
liche Zugramme. Letztere lässt sich noch immer im Ga
halten, wenn auch die Läuferruthe stark bestossen ist
Klotz von der einen Seite zur andern springt, oder we
Nagelloch in der Rammscheibe einen Spielraum von m
Zollen erhalten hat. Auch wenn die Scheibe vielleicht s
nicht mehr dreht, so kann eine stärkere Bemannung
die Ramme in Bewegung setzen. Die Arbeit wird alsda
lich sehr schwierig und kostbar, es tritt aber keine voll
Unterbrechung ein. Wenn dagegen bei der Kunstram
Haken sich ausgeschliffen hat, oder der Klotz nicht gan
und scharf durch die Läuferruthe geführt wird, so w
Klotz nicht mehr gefasst und die Wirkung hört in diese
vollständig auf. Solche Zufälligkeiten lassen sich abe
dauernde Aufmerksamkeit vermeiden und diese muss v
Baumeister, der den Bau leitet, selbst ausgehn, da
Maschinen dieser Art wenig üblich und daher den Hand
und Tagelöhnern noch ganz fremde sind. Wird diese
verabsäumt, so geräth die Ramme sogleich in Unordnu
darf aber in diesem Falle nicht behaupten, dass die Sa
praktisch nicht bewährt habe.

Es ist bisher nur davon die Rede gewesen, dass
Kunstramme die Arbeiter zweckmässiger als bei der Z
angestellt werden können, ein grosser Vorzug der erst
ruht aber noch darin, dass der Klotz höher gehoben
durch der Effect der Ramme verstärkt wird. Dieser
bedarf einer näheren Auseinandersetzung, da die gewö
Hypothesen und Räsonnements ein ganz anderes Resulta
Wenn man annehmen dürfte, dass der Widerstand,
Pfahl der Bewegung entgegensetzt, allein darin besteht,
der umgebenden Erdmasse seine ganze Geschwindigk
einen gewissen aliquoten Theil derselben mittheilte, s
sich die Hypothese rechtfertigen, dass die Fallhöhe des
der Tiefe proportional ist, zu welcher der Pfahl bei jedem
eindringt, und alsdann würde beispielsweise der Eff
gleichbleiben, wenn der Rammklotz einmal aus der H

uss, oder wenn er fünfmal aus der Höhe von 4 Fuss her-
lt. Bei gewissen Erdarten scheint dieses auch wirklich der
zu sein, und namentlich haben die vielfachen Beobachtun-
die man über das Einschlagen von Kugeln in Erde und
rn angestellt hat, sehr deutlich das Resultat ergeben, dass
Tiefe, zu der sie eindringen, dem Quadrate ihrer Geschwin-
it proportional ist. Lambert ging in seiner interessanten
rsuchung über das Eindringen der Pfähle *) von diesem
dsatze aus, und fand denselben durch die Beobachtungen
rockenem Sande auch bestätigt; später ist man dieser An-
e gefolgt, ohne ihre Richtigkeit weiter zu prüfen.

Ich liess das Modell einer Ramme auf einen Pfahl wirken,
n reinem ganz trockenem Sande steckte, und es ergab sich,
derselbe nicht nur bei kleinen Fallhöhen des Klotzes ver-
issmässig eben so tief wie bei grösseren eindrang, sondern
chien sogar, dass die Schläge bei geringer Fallhöhe des
es verhältnissmässig noch etwas wirksamer wurden, was
sen von der losen Aufstellung des Apparates herrührte. Es
e sich auch bei diesem Versuche eine andere Eigenthümlich-
die ihn wesentlich von den Erfahrungen unterscheidet, die
sonst beim Einrammen der Pfähle gemacht hat, nämlich
Tiefe, zu der der Pfahl durch eine bestimmte Anzahl von
igen mit gleicher Fallhöhe eingetrieben wurde, war beinahe
unabhängig von der Tiefe, die der Pfahl bereits erreicht
. Betrug letztere z. B. 3 Zoll und bewirkte eine gewisse
hl von Schlägen eine Senkung von 1 Zoll, so drang der
l unter denselben Schlägen noch 11 Linien ein, wenn er
n 12 Zoll tief im Boden steckte. Bei Anwendung eines
en Sandes entsprach die Wirkung jedes Schlages sehr ge-
der Fallhöhe des Klotzes, doch nahm der Widerstand sehr
lich mit der grösseren Tiefe zu.

Endlich versuchte ich noch einen sehr zähen Thon, der so
mit Wasser durchnässt war, wie er in einiger Tiefe unter
Erdoberfläche gewöhnlich vorkommt. Hierbei zeigte sich
entschieden der Vortheil der grösseren Hubhöhe und ich

*) Beiträge zum Gebrauche der Mathematik. Berlin 1772. Bd. III.
. 456.

will die beobachteten Resultate vollständig hier mittheilen. Di
Höhen, zu welchen ich den Klotz erhob, betrugen 2 Zoll u
7 Zoll: ferner wendete ich zwei verschiedene Klötze an, u
zugleich den Einfluss eines schwereren Rammklotzes zu ermi
teln. Der grössere Klotz wog 1,90 Loth und der kleinere 1,
Loth, sie verhielten sich also sehr nahe wie 7 : 4 zu einande
Hiernach war in den folgenden vier Fällen die Betriebskra
oder die der Maschine mitgetheilte lebendige Kraft sich glei
nämlich

a) wenn mit dem grösseren Klotze 8 Schläge von 7 Zoll Höhe
b) wenn mit demselben Klotze 28 Schläge von 2 Zoll Höhe
c) wenn mit dem kleineren Klotze 14 Schläge von 7 Zoll Höhe u
d) wenn mit demselben Klotze 49 Schläge von 2 Zoll Höhe

gemacht wurden. Es kam darauf an, zu prüfen, ob die Eff
oder die Tiefen, zu welchen der Pfahl dabei eindrang, diesel
waren. Zu diesem Zwecke befestigte ich an das obere E
des Pfahles einen eingetheilten Maasstab, an dem sowohl
Hubhöhe, als die Tiefe des Eindringens abgelesen wurde.
dem der Pfahl aber Anfangs viel leichter eindrang, als sp
so durfte diese Differenz nicht auf das Resultat Einfluss h
ten, ich entfernte sie dadurch, dass ich in der letzten H
der Beobachtungen die Reihenfolge umkehrte und endlich
den je vier entsprechenden Beobachtungen das arithmetische
tel nahm. Wie vorstehend angedeutet ist, bezeichnet der B
stabe *a* die 8 Schläge von 7 Zoll Höhe mit dem grös
Klotze u. s. w.

Beobachtungs-art	Abgelesene Höhe	Senkung des Pfahles
1) *a*	0,24 Zoll	0,24 Zoll
2) *b*	0,40 -	0,16 -
3) *c*	0,53 -	0,13 -
4) *d*	0,62 -	0,09 -
5) *a*	0,80 -	0,18 -
6) *b*	0,92 -	0,12 -
7) *c*	1,05 -	0,13 -
8) *d*	1,12 -	0,07 -
9) *d*	1,17 -	0,05 -
10) *c*	1,26 -	0,09 -

Beobachtungs-art	Abgelesene Höhe	Senkung des Pfahles
11) *b*	1,33 Zoll	0,07 Zoll
12) *a*	1,45 -	0,12 -
13) *d*	1,50 -	0,05 -
14) *c*	1,58 -	0,08 -
15) *b*	1,65 -	0,07 -
16) *a*	1,75 -	0,10 -

Man bemerkt hieraus sehr deutlich, dass die Beobachtungen Litt. *a* den grössten Effect geben und die Beobachtungen Litt. *d* den geringsten; die mittleren Werthe sind

für *a* 0,160
- *b* 0,105
- *c* 0,108
- *d* 0,065

Eine gleiche Betriebskraft gab also bei dem grösseren Klotze und bei der grösseren Hubhöhe einen $2\frac{1}{2}$mal so grossen Effect, als wenn der kleinere Klotz zu der kleineren Höhe erhoben wurde; die geringe Differenz zwischen den Werthen für *b* und *c* scheint aber noch anzudeuten, dass eine Vergrösserung der Hubhöhe vortheilhafter ist, als eine Vermehrung des Gewichtes des Klotzes.

Das erhaltene Resultat schliesst sich an manche Erfahrungen an, die man oft genug zu machen Gelegenheit hat. Wenn man z. B. in einem beschränkten Raume, wo man mit dem Hammer nicht gehörig hinzukommen kann, einen Nagel einschlagen will und man den Hammer nur wenig zu schwingen im Stande ist, so wird man lange Zeit hindurch klopfen müssen, ehe man den Nagel soweit eintreibt, wie durch einen einzigen gehörig ausgeholten und kräftigen Schlag desselben Hammers geschieht. Den Grund davon kann man zum Theil in der starken Reibung suchen, welche sich unmittelbar nach der Ruhe zu erkennen giebt. Der Nagel setzt nämlich dem weiteren Eindringen einen gewissen Widerstand entgegen, aber bevor er überhaupt in Bewegung kommt, muss jene Reibung schon überwunden werden und der Impuls, den er erhält und wodurch er weiter eingetrieben wird, bestimmt sich durch die Differenz zwischen der lebendigen Kraft des Schlages und derjenigen leben-

digen Kraft, welche zur Ueberwindung der Reibung nach der Ruhe erforderlich ist. Nun kann es sich treffen, dass die letzte beinahe eben so gross ist, als die erste, und alsdann ist jene Differenz sehr unbedeutend; sie kann sich sogar auf Null reduciren, oder die Wirkung hört ganz auf und alle Schläge werden vergeblich geführt. So bemerkt man beim Rammen, dass ein Pfahl, der schon ziemlich fest steht, durch die wiederholten Hitzen von niedrigen Schlägen gar nicht mehr afficirt wird, während einige stärkere Schläge ihn gleich merklich herabtreiben. Aus den angeführten Versuchen ergiebt sich aber, dass die Beschaffenheit des Grundes von wesentlichem Einfluss ist. Bei reinem Sande, mochte derselbe nass oder trocken sein, zeigte die grössere Hubhöhe sich nicht als besonders vortheilhaft. Sobald aber der Boden recht weich und zähe ist, so dass dem plötzlichen tieferen Eindringen bedeutende Widerstände entgegentreten, so geben wahrscheinlich die nächsten Erdschichten etwas nach, und folgen dem Klotze, wenn er einen schwachen Schlag erhält, ohne sich von ihm zu lösen, oder sie heben ihn sogar auch wieder an seine frühere Stelle, so dass er nicht tiefer eindringt. Ein stärkerer Schlag dagegen löst die Verbindung und treibt ihn herab. Es steht diese Erklärung in naher Beziehung zu einer andern Erscheinung, die man beim Einrammen von Pfählen in recht zähem und nassem Thone mehrmals beobachtet hat, dass nämlich bei jedem Schlage der Pfahl zugleich mit seiner nächsten Umgebung sich merklich senkt, aber unmittelbar darauf auch sich wieder hebt, und daher gar nicht eingerammt werden kann.

Es entsteht die Frage, ob der erwähnte Vortheil der grösseren Hubhöhe sich bei den Kunstrammen wirklich herausstellt, oder ob man ihn nur bei Versuchen im Kleinen bemerken kann. Der Vortheil, den die Kunstrammen in Bezug auf die Verminderung der Kosten ergeben haben, lässt schon ein günstiges Verhältniss erwarten. Beim Bau der Brücke zu Neuilly machte Perronet die Erfahrung, dass unter gleichen Umständen der Arbeitslohn für das Einschlagen des Pfahles mit der Zugramme 13 Livres 15 Sous und mit der Kunstramme 5 Livres 1 Sous 7 Deniers kostete.*) Diese Vergleichung ist indessen

*) *Description des ponts etc.* p. 75.

ofern nicht entscheidend, als die Kunstramme nicht durch
nschen, sondern durch Pferde in Bewegung gesetzt wurde.
gegen theilt de Cessart das noch viel günstigere Resultat
, dass beim Bau der Brücke zu Saumur das Einrammen des
hles auf 26 Fuss Tiefe durchschnittlich mit der Zugramme
Francs $15\frac{1}{2}$ Sous und mit der Kunstramme, die gleichfalls
rch Menschen bewegt wurde, nur 12 Francs 13 Sous, also
ch nicht den dritten Theil kostete.*) Als ich bei den Bohl-
rksbauten in Pillau eine Kunstramme eingerichtet hatte und
selbe aufgestellt wurde, liess ich die gewöhnliche Zugramme,
ren Klotz 10 Centner wog und die mit 36 Mann besetzt war,
ge Zeit hindurch auf denjenigen Bohlwerkspfahl wirken, woran
t der Kunstramme der erste Versuch gemacht werden sollte.
r Pfahl steckte in dem festen Sandboden so tief, dass er in
r einzelnen Hitze zuletzt gar nicht mehr merklich zog und die
Mann in der Arbeitszeit von zwei Stunden ihn keinen Zoll
fer herabbringen konnten. Nunmehr liess ich die Kunstramme
rüber fahren, und der einzelne Schlag des $10\frac{1}{2}$ Centner schwe-
n Klotzes trieb bei der Fallhöhe von 20 Fuss gleich $\frac{1}{2}$ Zoll
n Pfahl herab: es hatten also in diesem Falle die vier Mann
Zeit von zwei Minuten an der Kunstramme mehr gewirkt,
36 Mann an der Zugramme in einer Stunde leisten konnten.
eses Resultat war so überraschend und augenfällig, dass die
beiter zu murren anfingen und ihre Besorgniss, dass sie nun-
ehr die dauernde Beschäftigung an der Ramme verlieren wür-
n, laut aussprachen. Später habe ich durch directe Beob-
htung den Effect des Schlages, wenn er durch verschiedene
llhöhen hervorgebracht wird, zu ermitteln versucht; ich liess
mlich, nachdem ein Pfahl schon einigermaassen fest stand,
n Rammklotz zu verschiedener Höhe aufziehn und beobach-
te das Eindringen des Pfahles. Dieses betrug der Reihen-
lge nach

1) bei 10 Schlägen von 3 Fuss Höhe . . . 1,7 Zoll
2) - 6 - - 6 - - . . . 3,9 -
3) - 4 - - 9 - - . . . 5,9 -
4) - 3 - - 12 - - . . . 7,9 -

*) *Description des travaux hydrauliques. I. p.* 185.

5) bei 10 Schlägen von 3 Fuss Höhe . . . 1,7 Zoll
6) - 6 - - 6 - - . . . 3,9 -
7) - 4 - - 9 - - . . . 6,0 -
8) - 3 - - 12 - - . . . 8,0 -

Es ergiebt sich aus der Uebereinstimmung der vier ersten obachtungen mit den vier letzten, dass der Widerstand wä des Versuches ziemlich unverändert bleibt, und wenn man nach die mittleren Werthe für die Effecte der einzelnen Sc darstellt, so findet man, dass diese sehr nahe den Qua der Fallhöhen proportional sind, und es lassen sich die achteten Grössen ziemlich genau durch die Formel

$$s = 0{,}018 \cdot h^2$$

darstellen, wo s die Tiefe bezeichnet, zu welcher der Pfa dringt und h die Fallhöhe des Klotzes. Man findet hier

für $h = 3$ $s = 0{,}162$ also für 10 Schläge 1,62 Z
- $h = 6$ $s = 0{,}648$ - - 6 - 3,89 -
- $h = 9$ $s = 1{,}458$ - - 4 - 5,83 -
- $h = 12$ $s = 2{,}092$ - - 3 - 7,78 -

was mit den Beobachtungen hinreichend genau übereinsti

In Frankreich stellte Vauvilliers *) einen directen Ve zwischen der Leistung der Zugramme und der Kunstram beide hatten gleich schwere Klötze, nämlich von 641 Pfun mit beiden wurden gleiche Pfähle in denselben Boden und tief eingeschlagen. An der Zugramme arbeiteten 22 Tag und 1 Zimmermann, an der Kunstramme dagegen 4 T ner und 1 Zimmermann; bei letzterer wurde der Klotz der Kurbel durch Rad und Getriebe jedesmal 12¾ Fuss ho hoben. Die erste Ramme schlug 48 Pfähle in 28 Tag die letzte eben so viele in 18 Tagen. Die Kunstramme a also noch schneller, als die Zugramme, und bei ihr b die Kosten an Tagelohn und Unterhaltung der Geräthe fü Pfahl 3,4 Fr., während bei der Zugramme diese Kos 15,3 Fr. stiegen.

Aus dem Angeführten ergiebt sich, dass die Kuns vergleichungsweise mit der Zugramme in doppelter Be

---

*) *Traité élémentaire de mécanique industrielle par* I Paris 1835. *p.* 43.

Leistung der dabei angestellten Arbeiter vermehrt, nämlich
nal gestattet sie eine angemessene Kraftäusserung, wodurch
ganze Tagesthätigkeit des einzelnen Arbeiters sich vergrössert,
sodann bewirkt der höhere Hub des Rammklotzes verhält-
mässig ein tieferes Eindringen des Pfahles, woher das Ver-
niss des Effectes zur Betriebskraft sich gleichfalls viel gün-
er herausstellt. Es ist sonach in ökonomischer Beziehung
theilhaft, sich der Kunstramme zu bedienen, und wenn die
hle sehr fest eingeschlagen werden sollen, so kann man bei
r Anwendung sicher darauf rechnen, die Hälfte bis zwei
theile des Arbeitslohnes zu ersparen. Dagegen gewährt die
ramme den Vortheil, dass man weit mehr Arbeiter dabei an-
en kann, und wenn man sonach auf eine gewisse Anzahl
Rammen beschränkt ist, und die möglichste Beschleunigung
iesem Theile der Arbeit erfordert wird, so kann es aller-
s zuweilen zweckmässig sein, die Kunstrammen zu vermei-
Nichts desto weniger dürften solche Verhältnisse sich nicht
t wiederholen und wenigstens bei grösseren Bauten wohl
vorkommen. Die Einrichtung von Kunstrammen ist nämlich
eswegs besonders kostbar, man darf daher ihre Anzahl nicht
sehr beschränken, und wenn sie bei einer schwachen Be-
nung auch langsamer als die Zugrammen arbeiten, so ist
Unterschied, wie die Erfahrung lehrt, nicht so bedeutend,
man gewöhnlich voraussetzt, und er verschwindet zuweilen
. Man kann aber noch dadurch eine grosse Beschleuni-
g hervorbringen, dass man die Kunstramme nicht früher
endet, als bis der Pfahl schon ziemlich fest steht. Man
s also in derselben Art, wie oben angedeutet worden, mit
r Zugramme, die mit einem leichten Klotze versehn ist, die
le setzen, und erst wenn diese keine gehörige Wirkung
r zeigt, die Kunstramme darüber schieben. Die Besorgniss,
he man häufig ausspricht, dass die schwache Bemannung
Kunstramme nicht im Stande sein dürfte, die Pfähle zu
en, beseitigt sich sonach von selbst und das Verstellen der
me verursacht auch keine Schwierigkeiten, wenn man nicht
zu schwerfällige Rammen benutzt. Bei den Rammarbeiten,
ich in Pillau leitete, wurde die 40 Fuss hohe Kunstramme,
he wie eine Stützenramme eingerichtet war, durch sechs

Arbeiter, die dabei angestellt waren, immer schnell und bequem verfahren.

Was die **Anordnung** der Kunstrammen betrifft, so unterscheiden sie sich von den Zugrammen nur dadurch, dass mittelst einer mechanischen Vorrichtung der Klotz gehoben wird und wenn dieser in gewisser Höhe frei geworden und von ihm herabgestürzt ist, so muss der Haken, woran er früher hing, ihm folgen und ihn aufs Neue fassen, um ihn zum zweiten Male zu heben. Gemeinhin geht die Bewegung von Menschen aus, die eine **Kurbel** drehn, zuweilen ist aber auch eine Erdwinde benutzt worden und es ist natürlich, dass man im letzten Falle oder überhaupt da, wo der Mensch eine grössere Kraft zu entwickeln im Stande ist, auch einen noch günstigeren Erfolg herbeiführen wird. Beim Aquäduct über den Potomac waren zwei Kunstrammen im Gange, an jeder wog der Klotz 1300 Pfund und beide konnten den Klotz 40 Fuss herabfallen lassen. Die eine, die mittelst einer Kurbel durch 8 Mann bewegt wurde, machte nur alle 7½ Minute einen Schlag und die andere, die durch 6 Mann in Bewegung gesetzt wurde, welche auf einem Tretrade gingen, schlug alle 1¼ Minute einmal, wesshalb man später die erste Ramme auch mit einem Tretrade versah.*) In Frankreich hat man mehrfach auch andere Betriebskräfte und namentlich die Pferdekraft zu diesem Zwecke angewendet. So liess Perronet schon die Winde, die den Klotz hob, durch ein Pferd in der Art in Bewegung setzen, dass dieses ein Tau von einer Trommel abwickelte und dadurch die letztere drehte. Bei den Bauten im Kriegshafen zu Lorient wurden zwei Kunstrammen durch denselben Pferdegöpel in Bewegung gesetzt, und beim Bau der Brücke zu St. Maxence liess Perronet die Ramme durch das Wasserrad treiben. In England werden Kunstrammen nicht selten durch Dampfmaschinen bewegt. Der gewöhnlichste Fall ist indessen immer der, dass die Bewegung durch Menschen erfolgt und hiervon mag hier allein die Rede sein. Ich werde zunächst diejenige Ramme beschreiben, die ich in Pillau nach dem Muster der in Hull benutzten Ramme erbaute und drei Jahre hindurch mit sehr günstigem Erfolge angewendet habe. Sie hat

---

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. I. p.* 150.

den übrigen, von denen weiterhin die Rede sein wird, den
ng, dass sie mit sehr geringen Kosten (etwa 30 Thaler)
einer gewöhnlichen Zugramme dargestellt war.
Der wichtigste Theil des Apparates ist der Haken, welcher
Klotz hebt und in einer gewissen Höhe ihn wieder fallen
. Derselbe ist Fig. 190 *a*, *b* und *c* dargestellt; *a* zeigt
von der Seite, dicht über dem Klotze schwebend, in dessen
el er bei fernerer Senkung von selbst eingreift, *b* ist die
cht von vorn und *c* von oben. In der letzten Figur sind
eich die Läuferruthen angedeutet. Der Haken muss so aus-
hnitten sein, dass er an der untern Seite eine schräge Fläche
t, welche beim Aufstossen auf die Oese des Rammklotzes
zurücklegt und dadurch ein Eingreifen in dieselbe möglich
t. Oben ist dagegen der Haken concav ausgeschnitten,
muss diese Krümmung einem Kreisbogen entsprechen, des-
Mittelpunkt in der Drehungsaxe des Hakens liegt, denn
in diesem Falle fasst er sicher die Oese und lässt sie leicht
n, sobald er zurückgezogen wird. An den Haken sind zwei
e angeschmiedet, von denen der kürzere das Gegengewicht
, welches den Haken einstellt, der längere dient dazu, ihn
ösen, sobald der Klotz hoch genug gehoben ist. Der letzte
t durch einen Schlitz in dem untern Theile des Fallblockes
urch und sichert dadurch nicht nur dem Haken die feste
ung, sondern verhindert auch, dass nicht etwa das Gegen-
cht ihn zu weit umdreht. Eine Schiene, die sich wieder
u in der Linie befindet, welche durch den Schwerpunkt des
zes parallel zur Läuferruthe gezogen ist und daher mit der
tung des Rammtaues zusammenfällt, trägt den Haken mit-
eines Schraubenbolzens. Oben ist sie mit einer Kausche
ehn, woran das Rammtau angesteckt ist. Der hölzerne Klotz
Haken oder der Fallblock (*the follower*) greift zwischen
beiden Läuferruthen hindurch und wird rückwärts durch ein
stück, welches die Stelle der Riegel an den Armen des
öhnlichen Rammklotzes versieht, gehalten. Diese Befesti-
g muss, wie die Figur zeigt, möglichst hoch angebracht
en, indem sie alsdann beim Herabfallen des Blockes einer
igen Stellung desselben und sonach einer starken Reibung
sichersten vorbeugt, dagegen wird der Fallblock beim Auf-

steigen durch das überwiegende Gewicht des Rammklotzes in der gehörigen Richtung erhalten und es kann sonach ein Klemmen in diesem Falle nicht eintreten.

Der abwärts gerichtete Theil des Fallblockes, der unten mit einem eisernen Ringe beschlagen ist, muss so lang sein, dass, wenn er auf dem Klotze aufsteht, alsdann der Haken ganz frei schwebt, ohne weder die Oese noch die Oberfläche des Klotzes zu berühren. Sobald der Fallblock herabgelassen wird, so greift der Haken von selbst in die Oese des Rammklotzes ein, und wenn er nunmehr aufgewunden wird, so hebt er den letztern mit sich, bis der längere Arm am Haken herabgedrückt wird, worauf der Rammklotz sogleich frei wird und herabstürzt. Das Herabdrücken dieses Armes geschah Anfangs übereinstimmend mit der in Hull vorkommenden Einrichtung durch eine Leine, welche an die Schwelle der Ramme befestigt wurde. In einer gewissen Höhe zog sich diese Leine von selbst steif und drehte alsdann den Haken und löste den Klotz. Es trat jedoch hierbei der Uebelstand ein, dass die Leine sehr leicht in Unordnung kam, sie legte sich oft zwischen die Arme des Klotzes und die Läuferruthe, oder klemmte und verwickelte sich an andern Theilen des Apparates, so dass sie häufig riss und noch öfter den Klotz löste, bevor er hoch genug gehoben war. Ich brachte daher die Aenderung an, dass ich den erwähnten Arm am Haken eben so weit, als die Arme des Rammklotzes verlängern liess und etwas unter derjenigen Höhe, welche der Fallblock überhaupt erreichen durfte, einen Bügel anbrachte. An diesen stiess der Arm und wurde dadurch herabgedrückt. Auf solche Art konnte die Leine nicht nur entbehrt werden, sondern ich erreichte auch noch den Vortheil, dass das Auslösen des Klotzes immer möglichst spät erfolgte und letzterer dadurch jedesmal von der grössten Höhe herabstürzte, die er nach Maassgabe des Rammgerüstes überhaupt erreichen konnte.

Die Vorrichtung zum Aufwinden und Herablassen des Fallblockes zeigt Fig. 191 *a* und *b* in der Ansicht von der Seite und von oben. Die Zusammensetzung dieses Theiles des Apparates bestimmte sich hauptsächlich durch das Rad und Getriebe welches am schnellsten zu beschaffen war. An einen starken Rahmen aus eichenen Bohlen, der durch zwei Riegel und zwei

Schraubenbolzen verbunden war, wurde die Windevorrichtung befestigt, woran das Rammtau herabgezogen werden sollte. Bei dem starken Zuge, den das letztere aufwärts ausübt, kam es darauf an, nicht nur die Pfannen der Winde vor einem Ausheben gehörig zu sichern, sondern auch den Rahmen selbst zurückzuhalten. Letzteres geschah in der Art, dass ein Stück Halbholz unter die Schwelle der Ramme neben den Läuferruthen untergeschoben wurde. Auf diesem ruhte der Rahmen, und eine um dessen beide Riegel geschlungene Kette, die noch durch zwischengetriebene Keile gespannt wurde, hielt ihn sehr sicher in seiner Lage. Endlich wurde noch das hintere Ende des Halbholzes durch Klötze oder Steine beschwert. Die Pfannendeckel für die Axe der Winde wurden, wie die Figur zeigt, durch zwei Schraubenbolzen an jeder Seite gehalten, welche durch den Rahmen griffen. Die Axe des Getriebes wird bei der Richtung, worin das Tau hier aufgeschlungen ist, abwärts gedrückt und sonach kommt ein Heben derselben nicht vor.

Indem das Getriebe nicht immer in das Rad einfasst, sondern g e l ö s t werden muss, sobald der Klotz herabgestürzt ist und der Fallblock demselben folgen soll, so ruht diese Axe auf einer Seite in einer Gabel und auf der andern in einem Loche in einem Hebel. Letzterer kann über einer Latte, die an den Rahmen genagelt ist, hin- und hergeschoben werden, und jenachdem er in der einen oder andern Kerbe ruht, ist das Getriebe im Eingriffe oder frei. Das Getriebe hatte 10 und das Rad 46 Zähne. An beide Kurbeln, deren Länge 15 Zoll betrug, konnte ich nur vier Mann anstellen und sonach durfte die Walze, um welche das Rammtau sich aufwindet, nur 8 Zoll im Durchmesser halten, weil sonst die Last für die Arbeiter zu gross geworden wäre. Hieraus ergab sich der Uebelstand, dass die Steifigkeit des Taues schon ein merkliches Hinderniss der Bewegung entgegensetzte, und was noch übler war, das Tau litt sehr stark und riss schon nach kurzem Gebrauche. Ich sah mich daher wieder gezwungen, von dem besten Hanf zu diesem Zwecke Taue von 1 Zoll Durchmesser spinnen zu lassen, und diese zeigten sich so dauerhaft, dass sie jedesmal mehrere Monate hindurch benutzt werden konnten.

Sobald der Rammklotz herabgefallen war, so durfte man

nicht ohne Weiteres das Getriebe auslösen, denn in diesem Falle stürzte der Fallblock mit grosser Heftigkeit nach und ertheilte der Winde eine so starke Drehung, dass nicht nur das ganze Tau ablief, sondern auch das hintere Ende desselben sich verkehrt wieder aufwand, und wodurch jedesmal ein bedeutender Zeitverlust entstand, auch das Tau, besonders da, wo es mit der Kramme an die Walze befestigt war, beschädigt wurde. Es musste sonach diesem Uebelstande durch eine Bremsvorrichtung vorgebeugt werden, welche die beiden Figuren zeigen. Sobald einer von den vier Arbeitern an der Kurbel das Getriebe auslöste, so drückte der andere die Bremse auf die Winde, so dass diese sich nur mit mässiger Geschwindigkeit und nur so weit bewegte, bis der Fallblock auf dem Klotze aufstand.

Was den Betrieb der Ramme betrifft, so hatte ich, um alle Pausen zu vermeiden, sechs Mann dabei angestellt, von denen je zwei immer ausruhten; es war aber die Bedingung gemacht, dass die Arbeit nie unterbrochen werden durfte und dieses liess sich leicht controlliren, da die starken Schläge der Kunstramme durch das ganze Städtchen zu hören waren. In einer Minute erfolgten 38 Umdrehungen der Kurbel, oder der Klotz wurde um 19½ Fuss gehoben. Von dem Augenblicke ab, wo sich der Klotz löste, bis zum Wiederbeginne des Drehens der Kurbel vergingen aber 50 bis 60 Secunden, sonach wurden durchschnittlich in der Stunde 25 Schläge gemacht. An einem Tage konnten 2½ Pfähle nachgeschlagen werden, während die mit 36 Mann besetzte Zugramme durchschnittlich 4 solcher Pfähle nachschlug. Das Arbeitslohn für das Nachschlagen der Pfähle betrug bei der Zugramme für jeden Pfahl 3 Thlr. 4 Sgr. und bei der Kunstramme sehr genau 1 Thlr. Die Ersparung würde also für den Pfahl 2 Thlr. 4 Sgr. betragen haben, sie stellte sich aber wirklich noch höher heraus, indem die Pfähle durch die Kunstramme viel fester und tiefer eingerammt wurden, als mit der Zugramme. Endlich muss noch bemerkt werden, dass besondere Reparaturen bei diesem Apparate nicht häufig vorkamen und die Unterhaltungskosten für Tauwerk, Schmiedearbeit u. dgl. sogar merklich geringer ausfielen, als bei der Zugramme. Die Pfähle wurden auch nicht beschädigt, wenn sie vorher recht gerade abgeschnitten und die Kanten am Kopfe gebrochen waren.

zeigte sich beim Aufstellen dieser Ramme noch der Uebel-
dass die beiden Läuferruthen, die nur aus Bohlen bestan-
icht gehörig steif waren und sonach der Rammklotz und
llblock durch sie nicht sicher in der gehörigen Lage ge-
wurden; daher geschah es häufig, dass bei einigem Spiel-
n dem Schlitze der Ruthe der Klotz sich etwas nach der
Seite drehte und der Block nach der andern, wodurch das
ifen des Hakens verhindert wurde. Diesen Uebelstand,
ssender wohl durch stärkere Läuferruthen zu beseitigen
en wäre, entfernte ich durch einen Bügel, der beide Ru-
n der halben Höhe in gehöriger Entfernung von einander
Er war aus $1\frac{1}{4}$ zölligem Rundeisen geschmiedet und stand
it von den Ruthen ab, dass die Arme des Rammklotzes
den Riegeln frei hindurchgehn konnten. Fig. 192 zeigt
und es muss noch bemerkt werden, dass er in der Art
setzt wurde, dass man zunächst die beiden Ruthen etwas
nander bog und die vier Bolzen einbrachte. Indem diese
mit den Köpfen berührten, konnte der Bügel eingezogen
en und alsdann schob man durch letzteren die Bolzen hin-
h. Auf diese Art erhielten die schwachen Ruthen eine hin-
hende Steifigkeit und der Klotz, sowie der Block spielten
regelmässig, so dass das Eingreifen des Hakens nie ver-
te, ausser wenn vielleicht nach Monaten der Haken sich
as ausgeschliffen hatte und er alsdann beim ersten Anziehn
aus der Oese des Klotzes auslöste. In diesem Falle musste
die frühere Krümmung durch Abfeilen wieder gegeben werden.
Die Ramme, die man beim Bau der Docke in Hull benutzt
, war mit einem Haken versehn, der mit dem beschriebenen
übereinstimmte. Er ist Fig. 193 in der Ansicht von vorn
von der Seite dargestellt. Der Fallblock besteht gleichfalls
Holz und zwar aus zwei Klötzen, welche durch zwei Bolzen
einander verbunden sind. Bei dieser Ramme verdient die
stigungsart des Klotzes gegen die Läuferruthe einer beson-
Erwähnung: der Klotz, der in beiden Ansichten unter dem
locke gezeichnet ist, besteht aus Gusseisen und statt der
e sind zwei Bolzen hindurchgezogen, die am hintern Theile
dreht sind und zugleich die Axen für hölzerne Walzen bil-
Diese Walzen bewegen sich in dem Schlitze zwischen den

Läuferruthen und es ist klar, dass die Reibung bei ih
ringer ausfallen muss, als bei den gewöhnlichen Armen,
aber auch ein Verbiegen der Bolzen leicht eintreten kan
lich sind hinter den Walzen noch Scheiben von Eisenb
11 Zoll Durchmesser und ½ Zoll Stärke aufgezogen u
geschroben, welche theils das Abfallen der Walzen u
das Abspringen des Klotzes von der Läuferruthe verhind
letztern sind sowohl hinten als vorn mit eisernen Schi
schlagen und eine Walze nebst Scheibe, die der besch
gleich ist, befindet sich auch am Fallblocke, um des
wegung längs der Läuferruthe zu erleichtern und zu
Der Rammklotz wog 1200 Pfund und wurde mittelst ein
nen Winde durch 4 Mann 20 bis 30 Fuss hoch gehob
das Spalten und Zerschlagen der Pfähle zu verhindern,
der Kopf eines jeden Pfahles etwas conisch zugeschnit
ein starker eiserner Ring von 4 Zoll Höhe und 1 Zoll
aufgetrieben. Nach den ersten Schlägen des Klotzes w
Holz, soweit es vor diesem Ringe vorstand, zerschlagen
weiter konnte der Pfahl auch nicht beschädigt werden, u
bald er bis zur gehörigen Tiefe eingerammt war, schn
das obere Ende ab, worauf der Ring wieder für die fol
Pfähle benutzt wurde.

Die Ramme, welche gegenwärtig am häufigsten in E
benutzt wird, ist der so eben beschriebenen gleich. Die R
stimmt ungefähr mit der Fig. 195 dargestellten überein,
ist ihre Grundfläche kleiner, und nur 6 bis 8 Fuss la
breit, während die Läuferruthe 30 bis 36 Fuss hoch ist
dieser verhältnissmässig sehr grossen Höhe muss die R
jedesmal durch Kopftaue gehalten werden, man erreich
aber den grossen Vortheil, dass die Ramme wegen ihr
ringen Gewichtes leicht zu versetzen ist, und überdies
Raum einnimmt. Sie besteht nur aus schwachem Kreu
das aber zur Sicherung gegen den Einfluss der Witterung
fältig in gutem Oelanstriche unterhalten wird.

Auf der vorderen Schwelle stehn die beiden Ruthen,
den Läufer bilden: ihr Abstand beträgt im Lichten etwa 6
Ausserdem befinden sich in der vorderen Wand zwei St
welche die Ruthen etwas über der halben Höhe absteifen.

leren und einer kurzen Hinterschwelle liegen zwei Quer-
n, die mit der ersteren durch schräge Bänder verbunden
Auf diesen Querschwellen steht die eiserne Winde, und
sind darin die beiden hintern Streben eingesetzt, die
die Köpfe der Läuferruthe heraufreichen, und mit den-
durch kurze Rahmen verbunden sind. Eiserne Bänder
n von Halbkreisen stellen die Verbindung dieser Rahmen
n entsprechenden Ruthen und Streben dar, während kurze
vor und hinter der Scheibe die Rahmen unter sich ver-
. Ausserdem pflegen noch einige Zangen die Ruthen an
intern Streben zu ankern, um der ganzen Rüstung mehr
keit zu geben. Alle Verbindungen sind durch Schrauben-
dargestellt, und zwischen den hintern Streben befinden
Sprossen, die eine bequeme Leiter bilden.
Der Rammklotz, aus Gusseisen bestehend, und meist 12
ner schwer, ist mit einer Oese und zwei horizontalen Axen
hn, die, wie Fig. 193 darstellt, daran befestigt werden,
ilen aber auch schon in die Gussform gestellt und in den
angegossen sind. Diese Axen tragen die oben erwähnten
rnen Cylinder, welche den Armen unserer Rammklötze ent-
chen. Die Befestigung derselben sowohl am Klotze, als
am Fallblocke, und eben so auch die Einrichtung des
ens an letzterem stimmt mit Fig. 193 und mit der obigen
chreibung überein. Der hintere Arm des Hakens trägt eine
ne oder eine leichte Kette, die gewöhnlich an die Schwelle
Ramme befestigt, zuweilen auch aus freier Hand angezogen
d, wenn der Rammklotz schon früher herabfallen soll. An
Winde arbeiten meist vier Mann, die, nachdem der Klotz
gelöst hat, das Getriebe ausrücken, und die zu schnelle
llung der Winde durch eine Bremsvorrichtung hemmen. Die
seiserne Scheibe, über welche die Rammkette geführt ist,
eine feste Axe, die sich mit ihr zugleich dreht und mittelst
nen auf den erwähnten Rahmen aufliegt. Etwa alle 2 Mi-
n erfolgt ein Schlag des Klotzes. Die Pfähle werden, ehe
sie setzt, auf dem Kopfe mit einem sehr schweren eisernen
ge versehn, der 3 Zoll hoch und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stark ist.
Zuweilen sieht man in England auch den in Fig. 194 dar-
ellten Fallblock, der nicht mit einem, sondern mit zwei

Haken den Klotz fasst. Die Aufhängung und Befesti
Klotzes, der alsdann in einer Scheere geführt wird,
symmetrisch und daher die Reibung möglichst gerin
beide Ruthen der Scheere sind eiserne dreiseitige Pri
festigt, welche in entsprechende Nuthen des Klotzes u
blockes greifen. Indem sie aber am obern Ende der
stark convergiren, wie Fig. 195 zeigt, so werden d
Rollen an den obern Armen der Haken, die gleichfa
Prismen umfassen, an dieser Stelle zusammengedrückt,
ken ziehn sich dadurch aus der Oese des Klotzes hera
letzterer fällt herab. Es darf kaum bemerkt werden,
einzurammende Pfahl sich zwischen den beiden Ruthen der
befinden muss.

In neuester Zeit hat man noch eine andre Anordn
Rammen versucht, die von derjenigen der älteren und
beschriebenen Kunstrammen sich wesentlich unterscheid
ist bereits bei Mittheilung der im Kleinen angestellten V
darauf hingewiesen, dass die Anwendung schwererer
klötze in ähnlicher Weise, wie die grössere Hubhö
Effect des Schlages relativ verstärkt, so dass eine gew
triebskraft bei Benutzung eines schwereren Klotzes ein
geres Resultat giebt. Ausserdem sind einzelne Erfahrun
getheilt, wonach es, wenigstens bei gewissen Bodenart
theilhaft ist, die Rammarbeiten schnell fortzusetzen, und
den einzelnen Schlägen keine langen Pausen ein
lassen, wobei der Pfahl sich fester mit der umgeben
verbindet, und alsdann zum weitern Eindringen eines
Stosses bedarf. Man darf hiernach vermuthen, dass
sehr erleichtert werden möchte, wenn die Schläge
schneller folgten, und eigentlich den Pfahl gar nicht
kommen liessen, bis er die volle Tiefe erreicht hätte
geschieht gewissermaassen bei der Dampframme v
myth, die, wenn die ersten Mittheilungen über ihre
keit auch etwas übertrieben waren, sich doch auch be
der Benutzung als eine sehr brauchbare Maschine be
namentlich wenn ausgedehnte Rammarbeiten möglichst
nigt werden sollen.

Sie wurde zuerst bei den Hafenbauten in Devo

re 1845 angewendet: daselbst sollen *) die 60 bis 70 Fuss
gen Pfähle in 2 bis 3 Minuten 32 bis 40 Fuss tief einge-
mt worden sein. Beim Bau der High-Level Brücke bei
wcastle, so wie der Docks in Plymouth und des Viaductes
er den Tweed bei Berwick stellte sich heraus, dass die Pfähle
ch der Beschaffenheit des Grundes in einer Minute 5 bis 10
ss tief eindrangen. Rob. Stephenson erklärte nach den von
m gemachten Erfahrungen diese Ramme für eine der wichtig-
en Maschinen, die in neuerer Zeit zur Erleichterung von Bau-
sführungen erfunden wären. **) Die Ramme wurde bald an
erschiedenen andern Orten versucht, auch in der Nähe von
erlin geschah dieses, indem eine solche, in der Maschinenbau-
nstalt von A. Borsig erbaut, zum Einschlagen einer ausgedehn-
n Pfahlwand am Ufer der Spree vor dem Hüttenwerke bei
oabit benutzt wurde. Sie trieb die Pfähle mit überraschender
eschwindigkeit ein, so dass Nasmyth's Aeusserung, die Pfähle
ängen eben so schnell in den Grund ein, wie man eine Steck-
del in ein Nadelkissen zu stecken pflege, sich nicht weit von
r Wahrheit entfernte, wogegen freilich der viel grössere Zeit-
fwand zum Verstellen der Ramme und zum Setzen eines neuen
ahles sehr auffallend war. Ausserdem treten dabei auch noch
dere und zwar sehr bedeutende Unterbrechungen ein. Die
hr starken Erschütterungen verursachen nämlich, aller Vor-
cht in der Construction ohnerachtet, häufige Brüche einzelner
heile, oder sonstige Beschädigungen der Maschine, so dass
n dieselbe nicht benutzen kann, ohne eine gehörig eingerich-
e Werkstatt in der Nähe zu haben, und selbst in diesem Falle
rfte es immer gerathen sein, die am meisten einer Gefahr
sgesetzten Theile doppelt anzufertigen, um bei einer Beschä-
gung sie sogleich auswechseln zu können, und dadurch die
terbrechung der Arbeit, die oft sehr störend ist, abzukürzen.
f einer Baustelle, wo auch diese Vorsicht angewendet wurde,
ten dennoch Unterbrechungen behufs Reparaturen so oft und
m Theil so lange ein, dass sie ungefähr den vierten Theil
r ganzen Zeit einnahmen, während welcher die Maschine auf-

*) Eisenbahn-Zeitung. April 1846.

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1848. *Pag.* 289.

gestellt war. Anfangs war das Verhältniss aber noch viel ungünstiger gewesen.

Die Einrichtung dieser Ramme ist in den erwähnten Zeitschriften beschrieben, sehr specielle Mittheilungen über ihre Zusammensetzung und Wirkung hat aber der Oberbaurath Lentze bekannt gemacht *), der beim Bau der Weichsel-Brücke in der Nähe von Dirschau mehrere dieser Rammen aufgestellt hat und noch dauernd benutzt. Die ganze Anordnung stimmt im Allgemeinen sehr nahe mit dem von Nasmyth etwas früher angegebenen und auf grössern Hüttenwerken vielfach benutzten Dampfhammer überein. Wie bei diesem die Eisenmasse, welche den Hammer bildet, unmittelbar an den Kolben des Dampfcylinders gehängt ist, so trägt auch bei der Dampframme die Kolbenstange unmittelbar den schweren Rammklotz. Hierbei tritt indessen die Schwierigkeit ein, dass der Dampfcylinder immer in gleicher und bestimmter Höhe über dem Pfahlkopfe schweben, oder in dem Maasse, wie letzterer herabsinkt, sich gleichfalls senken muss. Dieses ist dadurch erreicht, dass der Dampfcylinder mit einem Gehäuse aus starkem Eisenblech verbunden ist, worin der Klotz spielt, dieses Gehäuse aber auf dem Kopfe des einzurammenden Pfahles aufsteht. Das Dampfrohr muss hiernach flexibel sein, um bei allen Stellungen des Cylinders denselben mit dem fest stehenden Dampfkessel zu verbinden.

Eine starke Rüstung, die bei der von Nasmyth nach Dirschau gelieferten Ramme 15 Fuss lang und 13 Fuss breit war, steht mit vier Rädern auf einer Eisenbahn und trägt die ganze Maschine. Auf der hintern Seite dieser Rüstung liegt der Dampfkessel, der wie ein Locomotivkessel eingerichtet ist. In der Mitte der vordern Seite steht dagegen die Läuferruthe, die seitwärts durch Zugstangen und rückwärts durch einen starken gusseisernen Rahmen gehalten wird. Sie ist 45 Fuss hoch und 14 und 12 Zoll stark. Zwei starke Schienen, die auf ihrer vorderen Fläche befestigt sind, treten auf beiden Seiten 1 Zoll weit vor, und dienen zur Führung des erwähnten Gehäuses, an dem der Dampfcylinder steht. Dieses Gehäuse ist nahe 10 Fuss

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. Jahrgang 1848. Seite 151.

h, und unten mit zwei starken gusseisernen Halbringen ver-
n, welche den Pfahlkopf umfassen, so dass dieser innerhalb
Gehäuses unmittelbar vom Rammklotze getroffen wird.

Auf den Deckel des Gehäuses ist der Dampfcylinder auf-
schroben, der $3\frac{1}{2}$ Fuss hoch und 13 Zoll weit ist. Die Kol-
stange, die sich unter dem Kolben befindet, tritt durch eine
pfbüchse in das Gehäuse und ist hier an den Rammklotz be-
tigt. Das Gewicht des letztern mit Einschluss des Kolbens
und der Kolbenstange beträgt 28 Centner, dagegen wiegen die
ten Theile, die den Pfahl dauernd belasten, nämlich das Ge-
häuse und der Dampfcylinder, 40 Centner.

Der Dampf ist stark gespannt und das Sicherheitsventil mit
Pfund auf den Quadratzoll belastet. Die Röhre, welche den
Dampf nach dem Cylinder leitet, ist aus drei Theilen zusammen-
gesetzt, die durch Seitenscheiben mit einander verbunden sind,
und sich in diesen, wie in Charnieren drehn, und sonach beim
Heben und Senken des Cylinders sich ausziehn, oder sich zu-
sammenlegen können. Indem der Dampf in den untern Theil
des Cylinders eintritt, hebt er den Kolben zugleich mit dem
Klotze so lange, bis letzterer einen Hebel fasst, und dadurch
das Schiebeventil verstellt. Alsdann hört die weitere Zuströmung
auf, und der in den Cylinder eingetretene Dampf kann frei ent-
weichen, aber die Bewegung des Kolbens ist so heftig, dass
sie gehemmt werden muss. Dieses geschieht dadurch, dass der
Kolben in gewisser Höhe diejenigen Seitenöffnungen im Cylinder
trifft, welche diesen mit der äussern Luft in Verbindung setzen:
sobald er über diese hinaus gestiegen ist, so kann die darüber
befindliche Luft nicht mehr entweichen. Dieselbe wird bei der
ferneren Bewegung des Kolbens stark comprimirt, wirkt wie
ein elastischer Puffer, und nachdem sie den Kolben zum Still-
stande gebracht hat, verstärkt sie die Wirkung der Schwere,
indem sie den Kolben schneller herabstösst, als er frei fallen
würde. Um nach erfolgtem Stosse den Dampf wieder in den
Kolben treten zu lassen, hat Nasmyth die sehr sinnreiche Ein-
richtung getroffen, dass im Klotze ein schwerer Hebel hängt,
der durch die Erschütterung beim Aufschlagen in Bewegung ge-
setzt wird, und mittelst einer Steurung das Schiebeventil so
stellt, dass der Kolben von Neuem gehoben wird. Auf diese

Art hat die Maschine keine bestimmte Hubhöhe: eine solche dürfte auch in der That nicht eingeführt werden, insofern die Pfahlköpfe bald mehr, bald minder weit in den Kasten eintreten, und sogar derselbe Pfahl während des Rammens etwas abgeschlagen oder eingedrückt wird, und daher die Hubhöhe dabei sich gleichfalls vergrössert. Die grösste Hubhöhe, die der Klotz bei dieser Maschine annehmen kann, beträgt 34 Zoll. Der untere Theil des Klotzes besteht aus einem schmiedeeisernen Zapfen von 10 Zoll Durchmesser, der den eigentlichen Schlag auf den Pfahl ausübt.

Diese Beschreibung dürfte genügen, um von der Einrichtung und Wirksamkeit der Maschine im Allgemeinen ein klares Bild zu geben. Die Mittheilung der Einzelheiten gehört nicht hierher. Man wird aber aus Vorstehendem schon auf den kräftigen und raschen Gang der Maschine schliessen können: sie macht durchschnittlich 60 Schläge in der Minute, doch kann man durch Verstärkung der Feuerung deren Anzahl leicht vergrössern und auf einige siebenzig treiben, so dass die ganze Dauer jedes Stosses oder Schlages nur etwa 0,8 Secunden beträgt. Die Zeit, in welcher der Rammklotz aus der Höhe von 34 Zoll allein durch die Wirkung der Schwere herabfällt, beträgt aber schon 0,42 Secunden, daher muss er nicht nur sehr kräftig zurückgeschleudert, sondern auch beim Fallen noch durch die comprimirte Luft schneller herabgestossen werden. *Dabei* ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass während seines Aufsteigens nicht nur das Gehäuse und der Cylinder den Pfahl belasten, sondern auch der Dampf auf den Boden des Cylinders drückt, also gleichfalls wirksam ist, und das Gewicht des Kolbens und des Klotzes auf denselben überträgt. Die Belastung ist also während dieser Zeit sehr gross und verhindert das Heben des Pfahles nach dem Schlage.

Unter dem Dampfkessel, und zwar quer gegen denselben gerichtet, befindet sich endlich noch ein zweiter Dampfcylinder, der eine eigne Dampfmaschine bildet. Diese dient zunächst zum Betriebe der Speisepumpe für den Kessel, sie wird aber auch benutzt, um nach dem Einschlagen eines Pfahles den Dampfcylinder mit dem Rammklotze und Gehäuse wieder in die Höhe zu winden, ferner die ganze Rüstung mit dem Dampfkessel, der

Ramme und allen Maschinen auf der Eisenbahn soweit zu verfahren, dass der folgende Pfahl gesetzt werden kann, und endlich diesen Pfahl selbst aufzuheben und unter das Gehäuse zu bringen. In einzelnen Fällen hat man überdiess eine Kreissäge angebracht und mit der zweiten Dampfmaschine verbunden, wodurch jeder Pfahl, nachdem er eingerammt ist, sogleich in der passenden Höhe abgeschnitten werden kann.

§. 38.

Rostpfähle.

Die Pfähle sind entweder Spitzpfähle oder Spundpfähle: **Spitzpfähle** nennt man diejenigen, die an ihren untern Enden mit **Spitzen** versehn sind, oder eine Zuschärfung in beiden Richtungen haben; die Spundpfähle sind dagegen nur in einer Richtung zugeschärft, und wenn die Zuschärfung in der zweiten Richtung auch nicht ganz fehlt, so ist sie doch geringer als in der ersten und es bildet sich sonach nicht eine Spitze, sondern eine **Schneide**. Nächstdem ist das charakteristische Merkmal der Spundpfähle auch die **Spundung**, womit sie in einander greifen und dadurch eine dichte Wand darstellen. Solche Pfähle, denen die Spundung fehlt, obgleich sie mit Schneiden versehn sind und gleichfalls zur Darstellung geschlossener Wände dienen, haben keinen besonderen Namen und ebenso können auch noch andere Modificationen eintreten, für welche es keine Benennungen giebt.

Unter den Spitzpfählen unterscheidet man wieder die Grundpfähle und Langpfähle: **Grundpfähle** heissen sie, wenn sie ganz im Grunde stecken, **Langpfähle** dagegen, wenn sie mit einem bedeutenden Theile ihrer Länge über den Boden vorragen, und zwar ist es gleichgültig, ob der freistehende Theil sich über oder unter Wasser befindet. Sowohl Grundpfähle, als auch Langpfähle können Rostpfähle sein; Bohlwerkspfähle, Schiffshalter und dergleichen gehören zur Klasse der Langpfähle. Hier ist von den Spitzpfählen im Allgemeinen die Rede, und es sollen die beim Zurichten und Einrammen derselben zu treffenden Anordnungen beschrieben werden.

Das **Material**, woraus die Pfähle bestehn, ist fast immer Holz und zwar können nach Umständen sehr verschiedene Holzarten dazu benutzt werden. Hauptbedingung ist es, dass der Stamm, den man einrammen will, recht gerade ist, und in dieser Beziehung empfehlen sich vorzugsweise die Nadelhölzer, die man auch am häufigsten zu wählen pflegt. Das Kiefernholz widersteht wegen der vielen harzigen Theile, die es enthält, einer abwechselnden Nässe und Trockenheit und besonders einem dauernden Angriffe des Wassers lange Zeit hindurch. In dieser Beziehung hat es selbst vor dem Eichenholze Vorzüge, wie ich dieses namentlich beim Ausziehn der alten Bohlwerkspfähle an den Pillauer Hafen sehr deutlich bemerkte: das Kiefernholz hatte, soweit es immer unter Wasser geblieben war, sich gut erhalten, was beim Eichenholze nicht der Fall war, auf den eichenen Pfählen war es sogar schwer, die Kette des Wachtbaumes zu befestigen. Sobald dieselbe angezogen wurde, drückte sie sich tief in das Holz ein und schnitt häufig den Kopf des Pfahles durch, wogegen das Kiefernholz grossentheils in so gutem Zustande sich befand, dass es, nachdem es ausgezogen war, noch bei Rüstungen und manchen leichten Bauten benutzt werden konnte. Beide Sorten von Pfählen waren aber abwechselnd in früherer Zeit gewählt worden und mochten durchschnittlich etwa 50 Jahre im Grunde gesteckt haben. Nach der gewöhnlichen Ansicht ist das Eichenholz, wenn es immer vom Wasser bedeckt bleibt, vorzugsweise von langer Dauer, woher es zu Rostpfählen häufig angewendet wird; wahrscheinlich hält es sich auch besser, wenn es vollständig ausgewachsen ist, doch dürfte dabei die schon oben angedeutete Vorsicht noch besonders zu empfehlen sein, dass eine Berührung mit fliessendem Wasser vermieden wird, oder dass die eichenen Pfähle wirklich Grundpfähle sind.

Es fehlt keineswegs an Erfahrungen, welche beweisen, dass das Eichenholz sich unter Wasser zuweilen sehr lange erhält: so fand man, dass eichene Pfähle, die in einem Moore bei Lancaster wahrscheinlich vor 900 Jahren eingerammt waren, noch ganz gesundes Holz enthielten*), und als man einen Pfahl aus

---

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. II. p. 30.*

er Brücke, die Trajan unterhalb Belgrad erbaut hatte, am Ende es vorigen Jahrhundert auszog, so ergab es sich, dass der-elbe im äussern Umfange etwa auf ½ Zoll Stärke in Chalcedon erwandelt war. Ebenso findet man zuweilen, dass das Holz on Schiffen, die vor langer Zeit gesunken sind, theilweise heraus fest geworden ist, so dass man aus einzelnen Stücken Lineale verfertigt, die ebenso schwer und hart und sogar von erselben schwarzen Farbe wie Ebenholz sind. Doch kommt ndererseits auch wieder der Fall vor, dass alte Schiffswracke, ie aus Eichenholz bestehn, und immer unter Wasser gelegen aben, sogar durch die Baggereimer zerschnitten werden. Beide Fälle sind in der Nähe des Pillauer Hafens vorgekommen.

In England wählt man zu Rostpfählen gemeinhin Buchen-holz, doch auch das Ellernholz hat seiner geringen Festigkeit ungeachtet, wenn es vom Wasser immer bedeckt geblieben war, sich als sehr dauerhaft gezeigt. Ausserdem wird man keinen Anstand nehmen, jede andere Holzart, wenn dieselbe in passen-den Stämmen und billig zu beschaffen ist, zu Pfählen zu ge-brauchen, und nur diejenigen Gattungen, welche besonders weich ind, wie Weiden und Pappeln, wird man ausschliessen müssen. Endlich ist zu erwähnen, dass man auch gusseiserne Spitzpfähle largestellt und zuweilen statt der hölzernen verwendet hat, die-ses ist indessen bei Rosten nie vorgekommen, sondern nur bei Bohlwerken, woher hiervon passender bei Gelegenheit der Ufer-chälungen die Rede sein wird.

Was die Stärke der Pfähle betrifft, so pflegt man selbige gemeinhin von ihrer Länge abhängig zu machen. Perronet sagt, ass die Pfähle bei 15 bis 18 Fuss Länge eine mittlere Stärke on 10 Zoll erhalten und letztere auf jede folgende 6 Fuss um Zoll zunehmen muss, doch bemerkt er, dass für lange Pfähle, ie grossentheils im Grunde stecken und die sonach am Biegen nd Brechen verhindert werden, es genügt, wenn man auf jede Fuss Zunahme der Länge (über jene ersten 18 Fuss) die ittlere Stärke um 1 Zoll wachsen lässt, woher z. B. ein 30 Fuss langer Pfahl nur 12 Zoll mittlere Stärke erhalten, oder erselbe am Stammende 14 und am Wipfelende 10 Zoll messen arf. Es ist klar, dass man bei langen Pfählen von dieser Regel abweichen muss, auch sind die Umstände sehr verschie-

den, welche eine grössere oder mindere Stärke des Pfahles bedingen. Steckt der Pfahl seiner ganzen Länge nach im Boden, woselbst er sich nicht biegen kann, so wird eine geringe Stärke schon ausreichen, um sehr grosse Lasten zu tragen; steht dagegen ein bedeutender Theil desselben frei, so muss dieser einen solchen Durchmesser haben, dass seine Steifigkeit der Biegung widersteht. Bei Bohlwerkspfählen kommt die relative Festigkeit vorzugsweise in Betracht, und der Durchmesser des Pfahles muss dabei so gewählt werden, dass der horizontale Druck der Hinterfüllungserde hinreichenden Widerstand findet, wobei gewöhnlich noch durch Erdanker für die gehörige Sicherheit gesorgt wird. Endlich ist hierbei noch der Umstand zu berücksichtigen, dass das Holz mit der Zeit seine Festigkeit verliert, oder auch wirklich durch das Wasser verzehrt wird: wo man die unmittelbare Berührung mit fliessendem Wasser nicht verhindern kann, muss man besonders starkes Holz wählen. Diese sämmtlichen Rücksichten sind jedoch immer nur innerhalb gewisser Grenzen entscheidend, und es kommt jedesmal darauf an, ob man das Holz, wie man es nach den Umständen zu haben wünscht, auch wirklich erhalten kann. In England und Frankreich wendet man ganz allgemein schwächere Pfähle an, als bei uns geschieht, und wenn dieselben auch mehrere Fuss weit frei stehn, was doch selten vorkommt, so wird immer, so lange das Holz noch einigermaassen fest ist, keine Besorgniss eines Bruches eintreten. Rennie fand, dass Prismen von Eichenholz, die nur 2 Zoll stark und breit waren, bei einer Länge von resp. 2,4 und 6 Fuss noch Lasten von 80000, 70000 und 50000 Pfund tragen konnten, und halb soviel trugen auch die Prismen von Tannenholz *(White deal)*, woher Pfähle von 8 bis 9 Zoll Durchmesser, wie man sie in England gewöhnlich anwendet, noch ganz sicher die grössten Belastungen unterstützen.*)

Die Pfähle müssen, ehe man sie setzt, von der Rinde entblösst werden. Dieses ist schon nöthig, um die Reibung beim Einrammen möglichst zu mässigen, denn die rauhe Rinde verhindert das Eindringen des Pfahles, ohne irgend die Stärke und Tragfähigkeit desselben zu vergrössern. Am besten ist es,

*) *Davy constructive manual. I. p.* 57.

n die Rinde gleich nach dem Fällen, oder wenigstens sobald
Holz angeliefert ist, abgeschält wird, denn dadurch beför-
man das Austrocknen und verhindert, dass die Säfte in
frischen Holze nicht in Fäulniss übergehn und das Holz
derben. Ausserdem leiden diejenigen Stämme, welche lange
er der Rinde liegen, auch von dem Wurme, der jedoch bald
bt, wenn das Holz dem Zutritte der Luft freigestellt wird.
s Entfernen des *Splintes* von den Pfählen ist nicht nöthig,
n wenn derselbe auch wirklich nur eine geringere Festigkeit
t, so vermehrt er doch immer noch einigermaassen die Trag-
higkeit des Pfahles, und besonders wichtig ist es, dass er den
rn vor manchen Beschädigungen schützt. Nach den Unter-
chungen, die Buffon über die Festigkeit des Splintes im Ver-
iche zu der des innern Holzes von demselben Eichenstamme
stellte, ergab sich nur die Differenz von etwa ein Fünfzehntel,
s mit dem Unterschiede des specifischen Gewichtes beider über-
stimmt, und hiernach zu urtheilen würde man den Pfahl schon
r bedeutend schwächen, wenn man den Splint beseitigen wollte.
ist freilich nicht in Abrede zu stellen, dass letzterer um Vie-
vergänglicher ist, aber selbst in diesem Falle verhindert
noch immer die unmittelbare Berührung des Wassers mit dem
eren Holze.

Das scharfkantige *Beschlagen* der Spitzpfähle und na-
ntlich der Rostpfähle lässt sich eben so wenig rechtfertigen.
manchen Orten ist man freilich zur Anwendung von Balken-
gezwungen, indem nur solches zu haben ist; so z. B. ist
sehr feste Polnische Kiefernholz, welches die Weichsel her-
eflösst wird, und das sich durch die sehr feinen Jahresringe
enfällig von dem deutschen Kiefernholze unterscheidet, jedes-
schon roh beschlagen. Andrerseits ist der Ankauf von be-
lagenem Holze auch insofern zuweilen zu empfehlen, als die
e des Stammes sich alsdann leichter erkennen lässt. Wenn
jedoch die Pfähle als Rundholz angekauft hat, so ist kein
nd vorhanden, sie vor dem Einrammen noch beschlagen zu
en, und eine Ausnahme kommt nur vor, wenn ein Bohlwerk
ht regelmässig und sauber ausgeführt werden soll, wobei die
den Stämme nicht passend erscheinen.

Ein sehr wichtiger Umstand ist die Bestimmung der erfor-

derlichen Länge der Pfähle. Bei Bohlwerkspfählen ha ses keine Schwierigkeit, indem solche nicht stark von obe lastet werden und daher ein späteres Eindringen bei ihnen zu besorgen ist, wenn sie auch nicht sehr fest eingerammt den sind. Durch den Seitendruck werden sie auch nicht in untern Theile, womit sie im Boden stecken, fortgedrängt, mehr können sie nur oben sich biegen, was durch Erd verhindert werden muss. Bei den Rostpfählen dagegen tritt, bereits erwähnt worden, entweder die Bedingung ein, das den festen Untergrund erreichen und sonach die Last des B auf diesen übertragen sollen, oder sie müssen, wenn der B mehr gleichförmig ist, so tief eingerammt werden, dass die bung, welche sie von der umgebenden Erde erfahren, ihnen nöthige Tragfähigkeit giebt. In beiden Fällen muss man sie lange einrammen, als sie noch leicht eindringen, und nur, w sie bei der Hitze oder unter dem Schlage des durch die M schine gehobenen Rammklotzes nur einige Linien weit zie pflegt man sie als feststehend zu betrachten und ihnen die forderliche Tragfähigkeit beizumessen. Die Schwierigkeit steht darin, vorher zu wissen, in welcher Tiefe sie diesen fes Stand erreichen werden. Sind sie zu lang, so werden dadu nicht nur unnöthiger Weise die Kosten für den Ankauf des H zes vermehrt, sondern die Arbeit des Setzens der Pfähle w auch schwieriger und man muss vielleicht höhere Rammen g brauchen. Noch grösser ist aber der Uebelstand, wenn Pfähle zu kurz sind und sie, während ihr Kopf den vorher stimmten Horizont des Rostes schon erreicht, noch mit Leich keit eindringen. Man muss, wenn man in diesem Falle si gehn will, die Arbeit unterbrechen und längere Pfähle her schaffen, doch zuweilen pflegt man auch, wenn dieses ga umständlich erscheint, die Anzahl der Pfähle zu vermehren sonach die Belastung jedes einzelnen zu ermässigen. En aber stellt man auch auf einen solchen Pfahl, der schon in den Boden eingedrungen ist, ohne einen festen Stand nommen zu haben, noch einen zweiten auf; man nennt d das Aufpfropfen der Pfähle. Ein solches Verfahren is einzelnen Pfählen wohl zulässig, aber es darf nicht bei m ren neben einander vorkommen, weil alsdann die Gefahr ei

der Theil des Rostes, der darauf ruht, seitwärts umfallen
te. Dazu kommt auch noch, dass durch ein solches Auf-
fen der Effect des Schlages der Ramme sehr geschwächt
und sonach ein ganz anderes Maass über das Minimum
Eindringens während einer Hitze eingeführt werden muss.
onet erzählt, dass beim Bau der Brücke zu Orleans manche
hle sogar zweimal gepfropft werden mussten *), doch meint
dass sie alsdann einen hinreichend festen Stand wirklich
ichten.

Die Art, wie bei dem erwähnten Brückenbau die Pfähle
nden wurden, ist Fig. 196 dargestellt, es wurden nämlich
eine Länge, welche dem doppelten Durchmesser des Pfahles
h kam, zwei Prismen sowohl aus dem untern Pfahle, als
obern ausgeschnitten, von denen jedes einen Quadrant des
schnittes zur Grundfläche hatte. Auf solche Art griffen beide
le in einander und wurden in dieser Verbindung noch durch
eingelassene Zugbänder in der Art zusammengehalten, dass
eiserne Beschlag an der Seite nicht vorragte, also weder
hoben werden konnte, noch auch die Reibung vermehrte.
darf indessen nicht hoffen, dass das aufgepfropfte Stück
urch recht innig mit dem untern Pfahle verbunden ist, so
kein Umbiegen seitwärts zu besorgen wäre. Eben so wenig
man dieses durch Schienen erreichen, die man zur Seite
gelt. Man muss, wenn man Pfähle aufzupfropfen sich ge-
igen sieht, immer darauf gefasst sein, dass ein Bruch hier
eich eintritt, wie die Veranlassung dazu vorkommt: dieses
sich auf keine Art vermeiden und es ist also hinreichend,
dafür zu sorgen, dass die beiden Stämme sich nicht von
nder entfernen, also nicht etwa der obere sich seitwärts
n dem untern vorbeischiebt, und demnach müssen beide
ke sich mit recht grossen Flächen berühren. Endlich darf
nicht durch die Art der Verbindung schon die Veranlas-
zum Spalten gegeben sein. Aus diesen Gründen dürfte
n die Axe des untern Pfahles eingetriebener starker eiserner
, der etwa 6 Zoll weit in ein vorgebohrtes Loch des obern
les eingreift, besonders zu empfehlen sein, während fest

*) *Description des ponts etc.* p. 221.

aufgetriebene Ringe das Spalten des Holzes verhindern. In England wendet man auch, wie Fig. 222 im Durchschnitte zeigt gusseiserne Schuhe an, in welche beide Holzstücke eingesetzt werden, ohne sich zu berühren, indem eine gusseiserne Scheidewand zwischen beiden liegt. Wenn ein aufgepfropfter Pfahl sich nicht in der Richtung des Druckes befindet, den er auf das untere Stück des Pfahles überträgt, so kann er von dem umgebenden Erdreiche nicht gehörig gehalten werden; er lehnt sich daher seitwärts, ganz in derselben Art, als wenn er an dieser Stelle mit einem Charnier versehn wäre. Dieses ist der Grund, weshalb man sich hüten muss, viele Pfähle aufzupfropfen, denn sie können alsdann von denjenigen, die in einem Stücke durchgehn, nicht mehr gehörig gehalten werden.

Um diesen Zufälligkeiten begegnen und beim Ankaufe der Pfähle schon deren Länge sicher beurtheilen zu können, ist eine genaue Untersuchung des Grundes wieder nothwendig. Befindet sich in der Tiefe, die mit dem Pfahle erreicht werden kann, eine durchaus feste Schicht, oder streicht etwa hier ein Felslager darunter fort, so giebt sich dieses durch das Bohren, oder durch den Gebrauch des Sondireisens sehr sicher zu erkennen, es bleibt aber noch zweifelhaft, ob jene Schicht überall in gleicher Höhe liegt, oder in welcher Neigung und nach welcher Seite sie abfällt. Man muss sonach mehrere Stellen auf diese Art untersuchen und man kann alsdann aus der Uebereinstimmung der Tiefe auch darauf schliessen, ob vielleicht einzelne Klüfte im Gesteine sind, wo die Pfähle viel weiter eindringen und daher eine grössere Länge für sie angenommen werden muss. Bei der Brücke zu Orleans fand dieses in der That statt, der Tuff, der den Untergrund bildete, zeigte eine so abwechselnde Oberfläche, dass mehrere Pfähle sehr bald zum Stehn kamen, während die meisten erst in 30 Fuss Tiefe feststanden und einzelne sogar 50 bis 60 Fuss eindrangen. Sobald die Pfähle wirklich den Fels erreichten, so gab sich dieses durch den hellen Klang und das starke Zurückspringen des Rammklotzes zu erkennen.

Wenn dagegen keine so scharfe Begrenzung zwischen dem losen und dem festen Grunde stattfindet, oder wohl gar die Pfähle immer im weichen Boden bleiben und nur durch die vermehrte

ing beim tieferen Eindringen endlich einen festen Stand an-
en, so lässt sich durch die angedeutete Untersuchung nicht
mit hinreichender Sicherheit auf die erforderliche Länge
Pfähle schliessen, und es bleibt alsdann nur noch das Mittel
g, dass man bei der Entwerfung des Projectes und ehe das
angekauft wird, eine Ramme aufstellen und einige Pfähle
Probe eintreiben lässt. Dieses Mittel ist zwar sehr um-
llich, man darf es indessen nicht umgehn, wenn man spä-
Verlegenheiten vorbeugen will, und wenn man einmal eine
e Probe einleitet, so muss man dieselbe auch an verschie-
n Punkten der Baustelle wiederholen, um sich zu überzeu-
ob überall ungefähr eine gleiche Länge für die Pfähle
lerlich ist, denn auch im losen aufgeschwemmten Boden
n sich zuweilen in geringen Abständen schon sehr merk-
Verschiedenheiten. Endlich wäre noch zu erinnern, dass
der Sicherheit wegen immer lieber die Pfähle etwas zu lang,
u kurz wählen muss, denn die Vermehrung der Kosten ist
rsten Falle viel geringer, als im letzten, und man entgeht
rch mit einiger Sicherheit den Unterbrechungen der Arbeit,
e bei Fundirungen überaus nachtheilig sind, und leicht
nlassung sein können, dass die beschränkte Dauer eines
tigen Wasserstandes unbenutzt vorübergehn muss.

Ferner ist hier die Frage zu berühren, ob man die Pfähle
er Richtung einrammen soll, wie sie gewachsen sind, oder
dass das Stammende nach oben gekehrt wird. Es leidet
en Zweifel, dass wenn der Pfahl nur auf einen gewissen
nen Theil seiner Länge im Boden steckt und in beiden er-
nten Fällen auf eine gleiche Art von dem umgebenden Erd-
n gehalten wird, dass er alsdann dem Einbiegen oder Brechen
er widerstehn wird, wenn das Stammende nach unten, als
n dasselbe nach oben gekehrt ist. In ähnlicher Art muss
Stütze (wie z. B. der Fuss an einem Tische) so befestigt
den, dass das stärkere Ende auf diejenige Seite trifft, wo
Befestigung stattfindet. Für den angegebenen Fall empfiehlt
er auch Perronet, das Stammende des Pfahles nach unten
stellen. Er führt dabei an, dass der Pfahl bei solcher Rich-
g in einer etwa um den vierten Theil kürzeren Zeit zum
en Stande kommt, als wenn das Wipfelende abwärts gekehrt

ist. Der letzte Umstand würde allerdings dafür sprech
erste Anordnung zu wählen, und man hat auch sonst b
dass das Eindringen des Pfahles hierbei Anfangs zwa
langsamer, aber wenn er weiter herabgekommen ist, r
schneller erfolgt, als im entgegengesetzten Falle. Man
dieses dadurch, dass die Spitze eine weitere Oeffnung bi
das dünne Ende des Pfahles, welches derselben folgt,
Widerstand findet, in ähnlicher Art wie man den Futt
bei Artesischen Brunnen auch einen auswärts vortretende
giebt, um den Druck oder die Reibung auf die Röhre s
vermeiden. Man muss indessen hierbei befürchten,
demselben Maasse, wie die Schläge des Rammklotzes wi
werden, auch ein Eindrücken unter einer starken Belast
so leichter erfolgen kann, und es kommt dazu noch d
stand, dass im Allgemeinen das Eindringen des Pfahles
rend er eingerammt wird, durch die Compression des
erschwert wird, die nicht dauernd ist. Man überzeugt si
von durch die bekannte Erfahrung, dass nach einer Pa
mehreren Arbeitsstunden die Pfähle gewöhnlich wieder r
besser ziehn, als vorher geschah. Indem nun ein Pfahl,
Stammende abwärts gerichtet ist, eine solche Compress
vor seiner Spitze erzeugt, so wird er nach der erfolgt
gleichung des Druckes weniger fest stehn, als wenn er a
ganze Länge einen gehörigen Druck erleidet und hier
die Reibung ihn zurückhält. Man hat keine directen V
angestellt, wodurch diese Ansicht sicher bestätigt oder w
wäre, aber sie wird ziemlich allgemein getheilt, und
wöhnliche Verfahren ist auch dieses, dass man das Wi
des Pfahles nach unten kehrt. Eine Ausnahme davon
man nur in dem Falle, wenn ein Heben der Pfähle du
besorgt wird, wie dieses bei den Jochpfählen einer Brü
bei Eisbrechern besonders vorkommt. Der wichtigste
ist in dieser Beziehung aber wohl der, den auch Perro
führt, dass man besonders dafür sorgen muss, das
Ende des Pfahles an diejenige Stelle zu bringen, wo der
Angriff des Wassers stattfindet oder andere Beschädigung
kommen. Bei Bohlwerks- und Brückenpfählen ereign
die meisten Beschädigungen durch Fäulniss und durch

in einiger Höhe über dem niedrigen Wasserstande. Trifft Stelle über die Mitte des Pfahles, was gemeinhin der Fall o muss man das Wipfelende nach unten kehren. Alsdann nämlich, wenn solche unvermeidliche Beschädigungen nach nach vor sich gehn, die Abnutzung weniger bedenklich, als der Pfahl umgekehrt gestellt wäre, weil im ersten Falle Querschnitt hier etwas grösser ist und also längere Zeit rch die genügende Holzstärke noch bleibt. Etwas Aehn- kann auch bei Rostpfählen leicht eintreten, denn am n Theile derselben ist eine Berührung durch fliessendes er viel weniger wahrscheinlich, als oben, und sonach recht- t sich auch hier aus demselben Grunde das gewöhnliche hren, das Stammende nach oben zu kehren.

Indem man die Pfähle unten mit Spitzen versieht, so ist ders darauf zu achten, dass diese weder selbst zu scharf, auch dass die Kanten zwischen ihren Seitenflächen zu ich werden, denn in diesem Falle brechen und spalten die n Holztheile aus, und indem dadurch die noch übrigblei- Spitze mehr nach einer Seite gerichtet werden kann, als der andern, so dringt der Pfahl schräge ein und erfährt lies einen grösseren Widerstand. Eine feine Zuschärfung htert übrigens nicht merklich das Eindringen, woher es gt, der Spitze den doppelten Durchmesser des Pfahles zur e zu geben, wie man dieses in Frankreich und England gewöhnlich thut, häufig misst diese Länge sogar nur das und Einhalbfache des Durchmessers, oder noch weniger. erdem muss das äussere Ende der Spitze noch abgestumpft in eine flache Pyramide verwandelt werden. Die Spitze mit quadratischem Querschnitte oder in Form einer vier- gen Pyramide zugeschnitten, wie Fig. 197 zeigt; sie lässt auf diese Art am leichtesten abschnüren und bearbeiten und Seitenflächen treffen dabei auch unter einem stumpfen Win- gegen einander. Man giebt zuweilen auch der Spitze die einer dreiseitigen Pyramide, und zwar um das Drehn des les zu verhindern, doch wird dadurch eine Beschädigung ler möglich, weil alsdann die Seitenflächen unter spitzen keln zusammenstossen.

Um die Beschädigungen der Pfahlspitzen beim Einrammen

namentlich in festem Boden zu verhindern, hatte man früh
Perronet erwähnt, die Methode sie zu bebrennen, w
dessen wohl keinen Vortheil gewähren konnte, denn we
hierdurch auch vielleicht das Absplittern verhindern moc
wurde das Ausbrechen um so leichter möglich. Dagege
man häufig die Spitze mit Eisen zu beschlagen oder einen
schuh darauf anzubringen. Fig. 198 zeigt einen solc
besteht aus einer eisernen Pyramide, welche die Sp
Pfahles bildet, und an diese sind zur Seite vier Feder
schmiedet, welche auf die Seitenflächen der Pfahlspitze
starker Nägel befestigt werden. Das Aufbringen der Pfa
erfordert grosse Sorgfalt, weil eine innige Berührung
dem Holze und Eisen stattfinden muss. Die Spitze des
der mit dem Schuhe versehn werden soll, darf nicht zu
sein, sondern muss senkrecht abgeschnitten werden,
sich eine quadratische Grundfläche von 4 bis 9 Quadrat
det. Eine eben so grosse und ganz ebene Fläche n
Pfahlschuh enthalten, damit ihn der Druck und der S
Pfahles ganz gleichmässig trifft. Wenn man auf die
stand nicht aufmerksam ist und vielmehr die Verbind
durch die Federn und Nägel darstellen will, so bildet si
ein ungleichmässiger Widerstand und der Pfahlschuh v
sich. Bei der grossen Anzahl alter Pfähle, die ich am
Hafen ausziehn liess, waren diejenigen, welche vor de
nannten hohen Bohlwerke steckten, sämmtlich mit Pfah
versehn, aber kaum beim zehnten Theile derselben
Pfahlschuh in der Axe des Pfahles. Fast jedesmal hatt
etwas seitwärts gebogen, aber sehr häufig sass die Sp
ganz auf der Seite: die Federn waren theilweise abg
und die Spitze war oft senkrecht gegen die Richtung d
les gekehrt, ja zuweilen sogar aufwärts. Es bedarf k
Erwähnung, dass der Schuh, sobald er sich schief st
Eindringen des Pfahles mehr erschwert, als erleicht
seinen Zweck ganz verfehlt, und sogar höchst nachtheil

Man muss sonach durch sorgfältiges Aufpassen de
eine sichere Befestigung geben, auch darf derselbe ni
aufgebracht werden, weil er sonst die Grundfläche de
verbrennt und dadurch die unmittelbare Berührung de

s mit dem Eisen verhindert. Ferner ist es noch nothwen-
dass der Schuh aus einer hinreichend grossen Eisenmasse
t, denn wenn er nur 3 bis 5 Pfund schwer ist, so lässt
die angegebene Grösse der Berührungsfläche nicht darstel-
und hierin lag wohl hauptsächlich der Grund von der Nutz-
eit der Pfahlschuhe, die in Pillau angewendet waren. Ein
ht von 10 Pfund dürfte das Minimum sein, was auf jeden
schuh gerechnet werden muss, sehr häufig ist es aber noch
er. So wendete Telford bei den Fangedämmen der St.
rine's Docke in London Pfahlschuhe an, die 16 Pfund
. Beim Bau der Brücke zu Neuilly benutzte Perronet
ichen von 25 Pfund und de Cessart wandte beim Bau der
e zu Saumur Pfahlschuhe von 25 bis 30 Pfund an. Viel
er ist indessen noch das Gewicht der gusseisernen
schuhe, die man in neuerer Zeit in Frankreich eingeführt
Fig. 199 *a* und *b* zeigt in der Seitenansicht und im Durch-
te einen solchen, wie ihn Deschamps angiebt. *) Die ebene
e, in welcher sich der Pfahl und der Schuh berühren, hat
lbe Stärke des Pfahles zum Durchmesser, woher das Ge-
des Schuhes bei 10 Zoll starken Pfählen schon gegen
fund beträgt. Batsch **) führt an, dass er bei einer Kai-
in Paris dergleichen habe anwenden sehn, die 30 Kilo-
me oder 64 Pfund wogen. Die Zeichnung, die von Batsch
theilt wird, unterscheidet sich von der hier gegebenen da-
, dass der Schuh nicht einen Kegel, sondern eine vier-
e Pyramide bildet, also auf einen beschlagenen Pfahl passt.
gusseisernen Schuhe sind statt der Federn mit einem sie
umgebenden Rande versehn und ihre Befestigung im Pfahle
len sie durch einen eingegossenen Dorn aus Schmiedeeisen,
Widerhaken hat und in ein Loch im Pfahle eingreift.

Hierbei entsteht die Frage, ob, und in welchem Falle Pfahl-
he nothwendig sind. Es ist klar, dass sie in weichem
de nichts weiter nützen können, als dass sie vielleicht die
ung an der Spitze des Pfahles etwas mässigen, doch ist
ein sehr gleichgültiger Umstand, indem der frische Grund,

---

*) *Nouvelle Collection de dessins relatifs à l'art de l'Ingénieur.*
**) Hydrotechnische Wanderungen. Bd. II. S. 39.

den die Pfahlspitze erreicht, noch nicht einen solchen Dru
gegen ausübt, dass der Unterschied in der Reibung sch
deutend sein könnte. Die grösste Reibung findet geg
Seitenwände des Pfahles statt, soweit derselbe seine volle
hat, und hierauf übt der Pfahlschuh augenscheinlich kein
fluss aus, woher man ihn auch nie mit einer scharfen
versieht. Sein Zweck ist nur, die harten Körper zu
stossen, oder zur Seite zu drücken. Es ist aber nicht
zweifeln, dass, sobald ein grosser und fester Stein g
wird, derselbe dem Pfahlschuh eben so wenig ausweich
nachgeben kann, als der hölzernen Spitze, und bei H
men, die im Grunde liegen, dürfte wohl dasselbe sta
Es bleibt also ein Vortheil des Schuhes nur noch in de
denkbar, wenn der berührte Körper keinen bedeutenden
stand leistet, wobei aber doch die hölzerne Spitze des
daran noch stumpf geschlagen werden möchte, bevor
durchdringt, und diese sonach späterhin einen grösseren
stand erfährt. Für diesen Fall würde der Vorzug de
schuhes noch immer wesentlich sein, wenn man sich
dass er nicht leidet, auch seine Stellung nicht verände
eben dieses darf man kaum voraussetzen, da seine Ve
nie ganz fest ist, und die angeführten Erfahrungen zeig
dass die Nägel leicht nachgeben, sobald die Tendenz
Verschiebung vorhanden ist. Dazu kommt noch, dass
bei der Uebertragung sehr gemässigt wird, woher man
men kann, dass in vielen Fällen die unbedeckte Spitze
eindringt, als der Pfahlschuh. Bei dem aus sehr grobe
bestehenden Boden in Pillau bestätigte sich diese Ver
vollständig: die Pfähle, welche mit keinen Schuhen
waren, zeigten, wenn ich sie mitunter nach kurzer Ze
sie etwa vom Eise durchschnitten waren) ausziehn musst
dings eine rauhe Oberfläche und die Enden der Fasern
fernholzes hatten offenbar beim Einrammen sich zurüc
auch waren hin und wieder starke Eindrücke zu bemerk
wohl vom Aufstossen auf harte Körper herrühren mocht
zuweilen war die äussere Spitze etwas breit geschlag
konnte indessen niemals eine solche Beschädigung wahr
die eine merkliche Erschwerung des Eindringens des

vermuthen lassen, und aus diesem Grunde prüfte ich durch sehr überzeugenden Versuch den Nutzen, den die Pfahl- e unter diesen Verhältnissen gewährten: ich liess nämlich rselben Stelle, wo sie bisher immer angewendet waren, ab- elnd einen Pfahl um den andern damit versehn und es ergab ehr deutlich, dass die Pfähle ohne Schuhe etwas leichter ngen, als die, welche einen solchen hatten. Es sind später bei andern Bodenarten, und namentlich bei Kiesboden, und hwereren Pfahlschuhen ähnliche Versuche gemacht, die auch n, dass man durchschnittlich wenigstens keinen Unterschied ken konnte.*) Hiernach scheint der Nutzen der Pfahlschuhe zweifelhaft zu sein, jedenfalls wird er aber nur in seltenen eintreten, und um ihn zu erreichen, ist die Anwendung rer und sehr sorgfältig bearbeiteter Schuhe nothwendig, e nicht ohne bedeutende Kosten zu beschaffen sind.

Was die fernere Bearbeitung der Pfähle betrifft, so muss kt werden, dass sie im Kopfe recht eben und zwar senk- gegen ihre Axe abgeschnitten werden müssen. Um aber ufspalten des Kopfes zu verhindern, was besonders in dem zu geschehn pflegt, wenn der Schlag sehr nahe an den trifft, so muss man die Kanten an der Oberfläche brechen. len versieht man auch zu demselben Zwecke jeden Pfahl nem Ringe, wie dieses bereits bei Gelegenheit der Kunst- bemerkt worden ist. Ausserdem legen sich aber auch, der Rammklotz längere Zeit hindurch den Pfahl getroffen lie sämmtlichen Holzfasern um, und bilden dadurch eine Unterlage, die den Effect der Ramme ungemein schwächt. dieses geschieht, muss man einige Zoll weit den Pfahl eiden, um frisches und festes Holz dem Schlage des Ramm- s auszusetzen. Der Nutzen hiervon zeigt sich oft auf eine schende Art, indem der Pfahl sogleich wieder weit leichter gt. Dieselbe Wirkung übt zuweilen eine geringe Verstellung amme, wodurch der Schlag des Klotzes mehr nach der Axe

---

*) Auch bei dem sandigen, mit etwas Lehm gebundenen Boden, rschau, worin die Pfähle schwer eindrangen, bemerkte Lentze e. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerb- . 1848. Seite 153.

des Pfahles geführt wird, und überhaupt ist eine unausgesetzte Aufsicht auf die Rammarbeiten zu deren Beschleunigung und Erleichterung dringend nöthig.

Wenn mehrere Reihen von Rostpfählen hinter einander eingerammt werden sollen, so entsteht die Frage, ob man mit den äussern oder mit den innern den Anfang zu machen hat. Gewöhnlich wählt man das erste, weil durch die äussern Pfähle schon der Boden in der Mitte der Baugrube comprimirt wird und die hier einzurammenden Pfähle einen um so festeren Stand erhalten. Jedenfalls werden die letzten früher zum Stehn kommen; da jedoch die Spannung, welche ihr tieferes Eindringen verhindert, sich mit der Zeit wieder etwas verliert, so können sie dadurch auch leicht so lose werden, dass der ganze Pfahlrost weniger feststeht, als wenn man mit den innern den Anfang gemacht und die Compression allmälig nach der Seite hin getrieben hätte. Wo Spundwände vorkommen, findet jedoch diese Regel eine Ausnahme, weil die Spundwand sich im festen Boden weniger genau ausführen lässt.

Es ist schon früher von manchen Eigenthümlichkeiten die Rede gewesen, die sich bei verschiedenen Bodenarten beim Einrammen der Pfähle zuweilen zu erkennen geben. Hierher gehört, dass mancher Boden so elastisch ist, dass er mit dem Pfahle zugleich sich senkt, und sonach die beabsichtigte Wirkung der Ramme ganz aufhört. Man hat in solchem Falle eine Belastung des Pfahles angebracht, passender möchte es aber sein, das Moment des Stosses zu vermehren, oder den Klotz aus grösserer Höhe fallen zu lassen. Andererseits hat es sich hin und wieder auch ereignet, die Pfähle, die bereits gesetzt waren, sich plötzlich wieder hoben. Einen solchen Fall erzählt Perronet bei Gelegenheit der Brücke zu Orleans, woselbst ein Quell den Grund rings um einen Pfahl so auflockerte, dass letzterer sich löste und heraufschwamm. Dasselbe geschah auch auf einer Schleusenbaustelle im Bromberger Canale *): der Boden bestand daselbst aus Thon, der auf Sand lagerte, und nachdem man die

*) Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst von Eytelwein. Heft I. S. 55.

rbeiten beinahe beendigt, auch bereits die Fachbäume auf
undpfähle aufgebracht hatte, so hoben sich plötzlich alle
und Spundpfähle und letztere so stark, dass sie den darauf
len Fachbaum sogar 9 Zoll aufwärts bogen. Man schrieb
Ereigniss der starken Seitenbelastung des Terrains und
ringen Consistenz des Thones zu, es möchte indessen die
eranlassung dafür wohl in den Quellen zu suchen sein,
n durch das Trockenlegen der Baustelle hineinleitete und
den Boden erweichten und ihn zugleich mit den bereits
mmten Pfählen aufhoben. Man hat auch sonst dieselbe
inung bemerkt, sie wiederholt sich aber immer nur da, wo
das starke Wasserschöpfen eine feste Sandschicht in Trieb-
verwandelt wird. Zuweilen will man auch wahrgenommen
, dass durch den Druck der später eingerammten Pfähle
üheren gehoben wurden, und eben um dieses zu vermeiden,
an empfohlen, die Stammenden nach unten zu kehren.
Dass die Pfähle, wenn die Rammarbeit einige Stunden unter-
n war, gewöhnlich wieder merklich leichter ziehn, als vor
Eintritte der Pause, ist bereits erwähnt worden. Die Er-
g dafür ist aber diese, dass die Compression des Bodens
elbar neben dem Pfahle sich nach und nach etwas vermin-
oder die Erdtheilchen seitwärts ausweichen. Es kann dieses
ar nur da erfolgen, wo der Boden weich ist oder in gewis-
Grade eine dicke Flüssigkeit bildet, und es giebt sich diese
einung auch vorzugsweise in einem zähen Thonboden zu
en. Bei den Rammarbeiten in Pillau im festen Sandgrunde
in solcher Einfluss der Pausen kaum zu bemerken. Andrer-
hat man in sehr seltenen Fällen auch wahrgenommen, dass
nterbrechung der Arbeit einen Erfolg hatte, der dem er-
en gerade entgegengesetzt war, so dass die Pfähle, wenn
nige Stunden, oder auch nur kürzere Zeit hindurch gestan-
atten, gar nicht weiter eingetrieben, noch auch herausgezogen
n konnten. Beispiele hiervon sind schon oben §. 33 und
bei Gelegenheit der Beschreibung von Schleusenbauten in
nd angeführt worden. Die näheren Umstände sind dabei
nicht bekannt, man kann aber die Erklärung dieser Er-
ung wohl nur darin suchen, dass eben durch die Pfähle
Vasser ein freier Zutritt zu den untern Erdschichten eröffnet

wurde und letztere dadurch zu quellen anfingen, wodu
Druck und die Reibung sich in hohem Grade vermehrten.

Ferner verdient hier das Drehen mancher Pfähle
zu werden. Dieses wird nicht immer durch eine äussere
mung veranlasst, sondern vorzugsweise tritt es ein, w
Holzfasern in sich schon eine merkliche Windung zeig
man nicht selten findet. Man muss annehmen, dass die
terung durch den Schlag des Rammklotzes sich der Läng
durch die Fasern fortsetzt, und wenn diese nicht gerade
verliert auch der Stoss seine ursprüngliche Richtung.
Bauten in Pillau wurden alle Stämme, welche eine Win
den Fasern auf einzelnen Stellen und mitunter auf grösse
gen bemerken liessen, nicht zu den eigentlichen Bohlwer
nutzt, weil sie sich nicht regelmässig genug einrammen
wohl aber konnten sie noch ohne Nachtheil als Eispfähle ve
werden, das heisst sie wurden vor das Bohlwerk gesetzt,
letztere vor dem Angriffe des Eises sicher zu stellen. Be
zeigte sich ein starkes Drehn unter der Ramme, und es si
vorgekommen, dass sie, obgleich sie ganz gerade Stämme
beim Eindringen auf etwa 15 Fuss Tiefe eine volle Um
machten und sonach wieder in ihre ursprüngliche Lage
kamen. Die Drehung erfolgte aber in der Richtung, we
Windung der Fasern angab, so dass die Erscheinung
dieselbe war, als wenn diese Fasern, die jedoch von au
nicht vortraten, sich in den Boden hineingeschroben hätte

Zuweilen ist man gezwungen, einzelne Pfähle im F
aufzustellen. Wenn man z. B. im Flussbette unter Wa
dem Felsen eine Bétonfundirung anbringen will, so m
Rüstungen darüber erbauen, auch die Baustelle einschlies
zu diesem Zwecke ist es nöthig, Pfähle in den Boden ein
Nur bei sehr weichem Gestein gelingt es mittelst stark
schuhe die Pfähle noch einzurammen, doch pflegen sie
den Boden aufzubrechen, so dass sie keinen festen Stan
men. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als das
den Pfahl vorzubohren, in ähnlicher Art, wie man weite B
behufs der Artesischen Brunnen abteuft. Dieses gesch
bei Anlage des Wehrs in dem Doubs-Flusse bei Néwy,
zur Speisung des Rhein-Rhone-Canales erbaut wurde. D

d in klüftigem Jura-Kalke und die Fundirung sollte in Béton
ht werden, man musste aber die zu versenkenden Béton-
dem unmittelbaren Angriffe des Stromes entziehn und
war eine Umschliessung erforderlich, die man nur dar-
konnte, nachdem einige Pfähle eingerammt waren. Zu
Zwecke wurde mit einem Kronenbohrer ein Bohrloch von
geringerem Durchmesser, als dem der Pfähle, herabgetrieben,
ierin schlug man mit einer Handramme die Pfähle ein. *)
be Verfahren zeigte sich auch in einem andern Falle sehr
lhaft und ergab überdiess, dass solche Pfähle eine sehr
tellung annehmen.

Vird ein fester Felsboden durch weiche Erdschichten über-
so kann es leicht geschehn, dass die letzteren nicht mächtig
sind, um das Ueberweichen und selbst das Umstürtzen der
zu verhindern, wie dieses allerdings zuweilen, z. B. bei
rücke zu Tours wirklich vorgekommen ist. Man versieht
gewöhnlich die Rostpfähle mit recht scharfen Schuhen,
müht sich, sie durch kräftiges Rammen noch bis zu einiger
in den Felsen hineinzutreiben. Dieses Verfahren ist aber
hsten Grade gefährlich, da der auf der festen und harten
ge aufstehende Pfahl von den Schlägen des Rammklotzes
ehr als sonst angegriffen wird; wenn er alsdann aber an
untern Ende spaltet und bricht oder vielleicht ganz zer-
tert wird, so giebt sich dieses in seinem obern Theile
cht zu erkennen. Man bemerkt beim eintretenden Bruche
lass der Pfahl wieder besser zieht als früher, und glaubt
, dass eine besonders feste Schicht, auf die er getroffen
bereits durchdrungen ist und er nunmehr wieder weichere
durchschneidet, worin er sich gehörig fest und sicher ein-
kann. Sehr interessant sind in dieser Beziehung die Er-
gen, die man am rechtseitigen Stirnpfeiler der Brücke zu
ac über die Dordogne machte. Man schlug hier 15 Pfähle,
scheint, nur als Probepfähle ein, und da sie mit Ausnahme
inzigen so weit herabgetrieben waren, dass sie tief genug
en Boden zu stecken schienen, so entschloss man sich zur
eines Pfahlrostes. Nichts desto weniger war das ver-

Recueil de dessins relatifs à l'art de l'Ingénieur. I. Collect.

schiedenartige Verhalten der Pfähle doch zu auffallend gewesen, um keinen Verdacht wegen ihrer sicheren Stellung aufkommen zu lassen, und eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit des Grundes musste man voraussetzen, um den abwechselnden Effect der einzelnen Hitzen zu erklären. Man entschloss sich hiernach, die Sache näher zu untersuchen und grub den Boden auf. Es ergab sich, dass die sämmtlichen Pfähle, mit Ausnahme des einzigen, der nur auf eine geringe Tiefe herabzutreiben war, gespalten und gebrochen waren. Ich wähle aus den verschiedenen Gruppirungen der Pfahlstücken, die man hier vorfand, nur eine aus, welche Fig. 200 darstellt. Die sämmtlichen Pfähle bestanden aus starkem und festem Holze und zwar zwölfmal aus Eichenholz und dreimal aus Kiefernholz; dieser Umstand scheint aber keinen Einfluss gehabt zu haben. Jedesmal waren schwere Pfahlschuhe und hauptsächlich gusseiserne benutzt worden.*) Auch Beaudemoulin**) erzählt, dass er einst einen Pfahlrost im Felsboden ausgeführt und später bei der Ausbaggerung der obersten losen Erdschichten gefunden habe, dass mehr als die Hälfte der Pfähle bei der Berührung des Felsens in ähnlicher Art zerbrochen waren. Die früher erwähnte Erscheinung bei der Brücke zu Orleans, wo einzelne Pfähle bald feststanden, andere dagegen bis 60 Fuss herabgetrieben werden konnten, dürfte sich durch die Voraussetzung ähnlicher Beschädigungen am einfachsten erklären.

§. 39.

Tragfähigkeit der Pfähle.

Es ist schon früher erwähnt worden, dass die Belastung der einzelnen Rostpfähle eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf, weil sie sonst zerdrückt werden. Diese Grenze liegt gemeiniglich so weit, dass man sich ihr auch nicht entfernt nähert, dagegen wird eine starke Belastung schon viel früher ein Ausweichen oder tieferes Eindringen der Pfähle in den Boden bewirken und

---

*) *Nouvelle Collection de dessins etc.* Eine Uebersetzung des Aufsatzes, sowie eine Mittheilung der sämmtlichen Zeichnungen findet sich auch in Crelle's Journal für die Baukunst. Bd. V.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II. p.* 102.

ch wenn keine festen Schichten erreicht sind. Der lose
l, der die Pfähle alsdann trägt und umgiebt, lässt sie schon
nd des Rammens zu keinem absolut festen Stande gelangen,
bei der einzelnen Hitze oder bei mehreren aufeinanderfolgen-
litzen giebt sich fast immer noch ein tieferes Eindringen zu
nen, und wenn dieses vielleicht bei Anwendung der gewöhn-
Zugramme auch unmerklich werden sollte, so stellt es sich
sogleich wieder ein, sobald man mittelst der Kunstramme
schweren Rammklotz aus grosser Höhe herabfallen lässt.
s desto weniger wird man auf solche Pfähle schon eine ge-
Last mit voller Sicherheit aufbringen können, während sie
rseits unter sehr starker Belastung in den aufgeschwemmten
n noch tiefer einsinken. Die Abwesenheit eines absolut festen
les giebt sich also auf zweifache Art zu erkennen, nämlich
l bei der Einwirkung des Schlages vom Rammklotze, oder
die mitgetheilte lebendige Kraft desselben und sodann
durch den Einfluss des todten Druckes, welcher von
pätern Belastung herrührt. Will man beim Bau die nöthige
rheit erreichen und zugleich nicht unnöthiger Weise die
n vermehren, so kommt es darauf an, dem Pfahle einen so
n Stand zu geben, dass er die nach dem Bauprojecte ihn
nde Belastung mit voller Sicherheit tragen kann. Es liegt
edanke sehr nahe, die Leichtigkeit, womit der Pfahl während
etzten Hitzen noch eindringt, als Maasstab für die Festigkeit
s Standes zu benutzen, und man kann nicht zweifelhaft sein,
eine gewisse Beziehung zwischen diesen beiden Grössen statt-
. Es rechtfertigt sich auch vollkommen die Annahme, dass
weien in denselben Boden und unter übrigens gleichen Um-
en eingerammten Pfählen derjenige eine grössere Last tragen
der in der letzten Hitze weniger tief eindrang, wenn bei
n derselbe Rammklotz zu gleicher Höhe gehoben wurde und
litze aus derselben Anzahl von Schlägen bestand. Wäre man
im Stande, die Beschaffenheit des Baugrundes für die ganze
, zu welcher der Pfahl eindringt, genau zu bezeichnen, und
nicht nur in Bezug auf seine Zusammensetzung, sondern
auf den Wassergehalt oder auf den mehr oder minder lockern
nd, und hätte man endlich für alle Modificationen, die hierbei
ten können, die hinreichende Anzahl von sichern Erfahrungen

gesammelt, so wäre es möglich aus dem Eindringen des Pfahls unter gewissen Schlägen auf seine Tragfähigkeit mit Sicherheit zu schliessen. Dieser empirische Weg ist indessen so schwierig, dass seine Benutzung kaum denkbar ist, und jedenfalls fehlt es vorläufig an den nöthigen Erfahrungen, um mit einiger Sicherheit ihn überall einzuschlagen. Nur da, wo eine grössere Gleichmässigkeit des Bodens stattfindet und vielfache Rammarbeiten bereits vorgekommen sind, wird man zu beurtheilen im Stande sein, wie weit man nach den gemachten Erfahrungen die Pfähle jedesmal eintreiben muss.

Man hat indessen den angedeuteten Weg kaum zu verfolgen versucht und sich vielmehr bemüht, unter Zugrundelegung mancher Hypothesen zwischen der lebendigen Kraft und dem todten Drucke einen directen Vergleich anzustellen und denselben so allgemein durchzuführen, als ob er unter allen Verhältnissen gültig und von der Beschaffenheit des Bodens ganz unabhängig wäre. Es ist klar, dass dieser Versuch missglücken musste, denn die beiden Kraftäusserungen: Schlag und Druck, sind so heterogen, dass sie unter Umständen wohl gleiche Effecte hervorbringen können, sich aber im Allgemeinen gar nicht in Parallele stellen lassen. Man überzeugt sich leicht, dass sie in gewissen Fällen gar keine gleichen Effecte hervorrufen können; so z. B. würde der Pfahl, wenn der Boden aus einer dickflüssigen Masse bestände, nur so tief eindringen, als der hydrostatische Druck es erlaubt, und wenn er während der schnell aufeinanderfolgenden Schlägen in einer Hitze auch einen tieferen Stand annähme, so würde er beim fortgesetzten Rammen doch gar nicht dauernd ziehen und sich vielmehr so verhalten, als ob er absolut fest stände, während er bei jeder neuen Belastung auf eine derselben entsprechende Tiefe herabsinken müsste. Mariotte stellte directe Versuche über den Effect des Schlages an, und fand, dass ein Gewicht von $2\frac{1}{8}$ Pfund, welches 7 Zoll hoch herabfällt, eine gleiche Wirkung äussert, wie der todte Druck von 400 Pfund. Giebt man einer solchen Beobachtung, die sich nur auf eine bestimmte Zusammensetzung des Apparates beziehn kann, eine allgemeine Gültigkeit, so ist es leicht, die gewünschte Relation darzustellen. Perronet führt beispielsweise die Rechnung durch und kommt zu der Regel, dass man für Zugrammen das Gewicht

gen Rammklotzes findet, der zuletzt kein merkliches Ein-
des Pfahles bewirken darf, wenn man das Gewicht, das
ahl zu tragen hat, durch die Zahl 1290 dividirt, oder wenn
cher gehen will, durch 645. Perronet sagt aber unmittelbar
, er führe dieses nur an, um zu zeigen, auf welche Art
lie Schätzung vornehmen könne, es sei aber unmöglich,
athematischem Wege die todten und lebendigen Kräfte mit
er zu vergleichen.

Iehrfach hat man versucht, durch Beobachtungen an einer
e einen solchen Vergleich darzustellen, was selbst in der
en Zeit in England geschehn ist. Legt man nämlich ein
ht in die eine Waagschale, so wird ein kleines Gewicht,
an auf die andere bringt, dieses erste aufheben; dasselbe
aber auch erfolgen, wenn ein viel kleineres Gewicht aus
gewissen Höhe auf die zweite Schale herabfällt. Diese
nmenstellung ist so einfach, dass, wenn die äussern Um-
e völlig bekannt wären, es eines wirklichen Versuches gar
bedürfte und man die Resultate schon nach den allgemeinen
anischen Gesetzen vorhersehn könnte. Die lebendige Kraft
ch, die das herabfallende Gewicht dem Apparate mittheilt,
ekannt, und mit Berücksichtigung des Trägheitsmomentes
zu bewegenden Theile kann man finden, wie hoch das
ere Gewicht durch den Stoss gehoben werden wird, und
Erhebung wird wirklich erfolgen, wenn die Waagebalken
die Schnüre, woran die Waagschale hängt, gar keine Elasti-
haben; eine solche fehlt ihnen aber nie, und so tritt denn
iner gewissen Grenze nicht mehr eine Erhebung der Schale
sondern statt deren zeigt sich nur die momentane stärkere
nung, die man nicht bemerkt. Man experimentirt also in
n Falle über das Trägheitsmoment des Waagebalkens, der
en und über die Elasticität aller Theile des Apparates, aber
man eigentlich sucht, nämlich eine allgemeine Relation
hen Stoss und Druck, ergiebt sich daraus keineswegs. Es
ich klar, dass man bei Anwendung einer schweren Waage
Effect des Stosses vergleichungsweise zu dem des Druckes
ger finden wird, als bei einer leichten Waage, besonders
letztere in allen Theilen eine recht grosse Steifigkeit besitzt.
De Cessart wählte dagegen ein anderes Verfahren: er liess,

während er die Brücke zu Saumur baute, eine Ramme zu[...] an der ein Klotz von 600 Pfund Gewicht bis 12 Fuss ho[...] hoben werden konnte: hierdurch stellte er die lebendig[...] des Stosses in den Versuchen dar. Der todte Druck wu[...] gegen durch stark belastete Hebel erzeugt. Um die Ein[...] beider Kraftäusserungen aufzunehmen und zu vergleichen[...] de Cessart eine grosse Anzahl von Bleikegeln in einer u[...] selben Form giessen, deren Bassis 3 Zoll im Durchmess[...] und deren Höhe 32 Linien betrug, die also im Querschn[...] gleichseitiges Dreieck von 3 Zoll Seite bildeten. Der [...] der Ramme sowohl, als der Druck des Hebels hatten den [...] dass sie die Spitze des Kegels platt drückten und eine [...] förmige Fläche darauf darstellten, deren Durchmesser m[...] genau messen konnte. Es wurde nun ein solcher Kegel [...] und zwar mitunter mit sehr bedeutenden Gewichten, so d[...] Druck in einzelnen Beobachtungen nahe an 17000 Pfund [...] Nachdem auf diese Art die Spitze des Kegels soweit eing[...] war, dass keine weitere Senkung mehr erfolgte, so wu[...] Durchmesser der eingedrückten Fläche bestimmt. Alsdann [...] man einen andern Kegel unter die Ramme und liess au[...] gewissen Höhe den Klotz darauf fallen, wodurch sich wie[...] Spitze in eine kreisförmige Fläche verwandelte. Man [...] diese und war sie etwa kleiner als die erste, so stell[...] wieder einen neuen Kegel unter die Ramme und hob den [...] etwas höher, als früher, und so fort, bis zuletzt gleiche [...] messer und sonach gleiche Wirkungen sich herausstellte[...] ist nicht zu leugnen, dass hierdurch ein Vergleich w[...] möglich wurde, aber er bezog sich gerade nur auf diese[...] kegel; hätte de Cessart statt des Bleies, Kupfer, Messin[...] gar Eisen gewählt, so würde er ganz andere Verhältniss[...] schen Stoss und Druck erhalten haben. Unter allen gewöhn[...] Metallen war augenscheinlich das Blei am geeignesten, [...] dieses den Effect des Druckes vergleichungsweise noch am [...] ten angab, aber das Resultat würde für den Druck noch v[...] hafter geworden sein, wenn kein Metall, sondern eine br[...] Masse, wie zäher Thon, benutzt worden wäre. Eine allg[...] Gültigkeit kann man sonach den aus solchen Versuchen [...] leiteten Resultaten unmöglich beilegen.

dlich aber hat man aus den allgemeinen mechanischen
diejenigen Resultate hergeleitet, zu denen die zuerst
Beobachtungsart geführt haben würde, wenn es möglich
wäre, das Gewicht der Waage und ihre Elasticität in
eilen auf Null zu reduciren. Man betrachtet nämlich den
nd, den der Pfahl dem Stosse und dem Drucke entgegen-
ls ein Gewicht, das mit dem Pfahle verbunden ist, das
rch eine der Schwere entgegengesetzte Kraft aufwärts
wird, oder mit andern Worten, als ein Gewicht, das an
aden hängt, der am Pfahle befestigt und aufwärts über
lle gezogen ist. Wenn hier wieder der Faden als absolut
ch, und er selbst nebst der Scheibe als gewichtlos und
r Reibung frei gedacht wird, und man noch annimmt,
e Sperrung angebracht ist, um das Heben des Pfahles
ndern, so giebt dieses Gegengewicht wieder ein deutliches
den Widerstand, den der Pfahl an einer gewissen Stelle
ern Eindringen durch Belastung entgegensetzt. Es wird
ter dieser Voraussetzung jedes Gewicht, das man auf den
erabfallen lässt, denselben nebst dem Gegengewichte noch
Bewegung setzen und ihm eine gewisse Geschwindigkeit
, die man nach dem Gesetze des Stosses leicht finden
oher der Pfahl jedesmal bis zu einer gewissen Tiefe her-
ssen wird. Setzt man diese Tiefe derjenigen gleich, in
der letzte Schlag des Rammklotzes den Pfahl herabtreibt,
llt man das Gewicht des Klotzes, sowie das des Pfahles
Fallhöhe des Klotzes gehörig in Rechnung, so findet man
leicht das unbekannte Gegengewicht, oder die Belastung,
der Pfahl (mit Einschluss seines eignen Gewichtes) noch
kann. Dieses Verfahren ist bei uns das übliche, um die
higkeit eines Pfahles zu untersuchen, und man ändert es ge-
nur noch in der Art ab, dass man der Sicherheit wegen die
ng auf den vierten oder auf einen noch kleineren Theil (mit-
f den 20sten) reducirt. Es wird hierbei offenbar keine directe
hung zwischen der lebendigen Kraft des Stosses und dem
Drucke angestellt, sondern man sieht den letzteren als den
es Gewichtes an, und mit Berücksichtigung der Trägheits-
e stellt man eine Relation dar, welche für die vorausgesetzte
ung ganz passend ist und die sich durch alle Beobachtungen

auch wirklich ungefähr bestätigen muss, welche man mi
Apparate dieser Art anstellt. Wenn man dagegen das Ei
des Pfahles in den Erdboden betrachtet, so lässt sich di
messenheit der gewählten Vorstellungsart über den Wi
nicht rechtfertigen. Ein solches Gegengewicht, wie hier a
men ist, findet wirklich nicht statt, vielmehr handelt es s
zugsweise um das Seitwärtsdrängen der Erdtheilchen,
Pfahl umgeben. Bilden diese eine ganz lose Masse, die
Richtung sich mit Leichtigkeit trennt, wie etwa ganz
oder ganz nasser Sand, so scheint die gemachte Voran
noch am plausibelsten zu sein, obgleich sie sich auch hie
wegs von selbst motivirt; sobald aber die umgebende E
gewisse Zähigkeit besitzt und sich nicht momentan losreiss
sondern hierzu einige Zeit erforderlich wird, so treten
scheinlich wesentliche Verschiedenheiten gegen die gema
pothese ein, und die Resultate, zu welchen man auf solch
gelangt, verlieren allen Werth. Dass man ihnen wirkl
Zutrauen schenkt, ergiebt sich schon aus der enormen Ver
derselben, die man willkührlich einführt und wodurch die R
beinahe ganz zwecklos wird. Die Erfahrung bestätigt d
regten Zweifel vollkommen, denn es fehlt nicht an Be
welche zeigen, dass Pfahlroste, die nach dieser Hypoth
Zehn- nnd Funfzehnfache des Gewichtes tragen sollten, w
wirklich belastet wurden, dennoch nicht den gehörigen Wi
leisteten und sich senkten.

Ein solches Nachgeben des Baugrundes zeigt sich ab
erst sehr spät, nachdem der Rost schon mehrere Monat
wohl Jahre hindurch vollständig belastet war. Dieser
erinnert wieder an das bereits erwähnte langsame Her
der kleineren Pfähle in den zähen Thonboden und zug
die sehr langsame Bewegung, welche ein dickflüssiger
annimmt, sobald das hydrostatische Gleichgewicht gestört

Ich erwähne hierbei noch, dass ich mit dem oben besch
Apparate auch einige Versuche über das Eindringen und di
fähigkeit der kleinen Pfählchen in verschiedenen Bodenarten
ich setzte nämlich dem Thone so viel Wasser zu, dass di
chen bei einer gewissen Fallhöhe des Rammklotzes eben so
unter denselben Umständen im Sande eindrangen. Nunmeh

beide gleiche Belastungen auf, um zu sehn, ob auch diese
Wirkungen zeigen würden. Dieses war jedoch nicht der
Wirkungen des Druckes waren vielmehr sehr verschieden.
Pfahl, der im Sande steckte, hatte das funfzigfache Ge-
s Klotzes keinen Einfluss, sobald es als todte Last wirkte;
l in dem Thone senkte sich dagegen schon nach und
, sobald ich nur den Rammklotz darauf stehn liess. Es
ser Versuch deutlich, dass man die verschiedene Be-
eit des Bodens keineswegs unbeachtet lassen darf, sobald
Effecte des Druckes und Stosses mit einander vergleichen
dass die allgemeine Hypothese in diesem Falle zu keinen
igen Resultaten führt und noch weniger durch ihre Ein-
alle Erfahrungen entbehrlich macht. Der Fehler lag hier
in, dass man zwei ganz verschiedenartige Dinge, die
sselbe Wort „Widerstand" bezeichnet werden, einander
etzte und dadurch den sehr schwierigen Weg der Beob-
umgehn zu dürfen glaubte.

e angedeuteten Versuche, die Tragfähigkeit eines Grund-
aus seinem Eindringen während der letzten Schläge nach
lgemein gültigen Regel zu beurtheilen, sind sonach als
rfehlt anzusehn und der Weg der Erfahrung hat bis jetzt
keinen sichern Resultaten geführt. Nichts desto weniger
es nöthig, hierüber noch Einiges mitzutheilen.

ronet spricht seine Meinung über diesen Gegenstand in
r Art aus: „der Rostpfahl darf nur in dem Falle als
hend tief eingerammt angesehn werden, wenn er in jeder
von 25 bis 30 Schlägen nur 1 bis 2 Linien eindringt
war während mehrerer auf einander folgender Hitzen. Bei
Pfählen dagegen, die weniger belastet werden, kann
ich auch damit begnügen, dass sie in der Hitze noch
en, auch wohl einen ganzen Zoll eindringen. Das ge-
che Gewicht des Rammklotzes für Rostpfähle beträgt 600
0 Pfund, bei stärkeren und längeren Pfählen 1200 Pfund
r Klotz muss $4\frac{1}{2}$ Fuss hoch gehoben werden. Die Rost-
bei der Brücke zu Neuilly hatten 12 Zoll Durchmesser und
jeder 105700 Pfund, die bei der Brücke zu Orleans
0 Pfund. Bei der Brücke zu Tours waren die Pfähle,
Pfeiler einstürzten, mit 153900 Pfund belastet." „Hier-

„nach,“ fährt Perronet fort, „bin ich der Ansicht, dass m
„Pfahl von 8 bis 9 Zoll Stärke nur mit 50000 und ei
„chen von 12 Zoll nur mit 100000 Pfund belasten darf.

Hierbei muss aber erwähnt werden, dass bei der Br
Neuilly der Boden kiesig war und die Pfähle den Tuff er
Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter dem 100
schweren Rammklotze während 16 auf einander folgende
jede zu 30 Schlägen, nur immer 2 Linien zogen, oder
1384 Pfund schwere Bär angewendet wurde, mussten sie
12 Hitzen denselben Widerstand zeigen. Beim Bau de
bei Orleans wurde die Rammarbeit etwas früher abg
nämlich die äussern Pfähle jedes Pfeilers betrachtete
feststehend, wenn sie bei einer Hitze von 25 Schlägen
900 Pfund schweren Klotze noch 1½ Linien zogen und d
dagegen schon, wenn sie noch 3 Linien eindrangen. De
Pfeiler dieser Brücke senkte sich aber um 10 Zoll oder
Werksteinschicht. Endlich ist bei der Brücke bei Tour
merken, dass der Grund des Einsturzes derselben, wie sc
erwähnt worden, wohl nur darin lag, dass die Pfähle in
gebenden Erde nicht hinreichende Haltung fanden, also
abgedrückt wurden, sondern umfielen. Alle hier gemac
gaben beziehn sich übrigens auf Pariser Maass.

Sganzin sagt *) in Bezug auf diesen Gegenstand:
„fahrung und die Praxis bei grossen Bauten haben dahi
„einen Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten,
„dauernde Belastung von 25000 Kilogramm (53451 P
„tragen, wenn er bei Anwendung einer Kunstramme in
„von 10 Schlägen mit einem Rammklotze von 600 Kilo
„Pfund), der 3,6 Meter (11½ Fuss) hoch gehoben wird,
„1 Centimeter (4,6 Linien) weit eindringt, oder wenn
„ramme angewendet wird, darf er bei der Hitze von 30
„mit demselben Rammklotze, der 1,2 Meter (3,7 Fuss)
„hoben wird, sich gleichfalls nur um 1 Centimeter senk

Bei einem Bau in Berlin, wo die 40 Fuss langen P
so weit eingetrieben waren, bis sie in der Hitze von 20
mit einem 5 Fuss hoch gehobenen Rammklotze von 16

*) *Programme ou résumé des Leçons.* 4. *édition.*

st nur 4 Linien tief eindrangen, gab sich unter einer
ing von 43370 Pfund ein Sinken zu erkennen. Der
nd bestand aus lockerem, doch sehr sandigem aufge-
mten Boden. Nach der angedeuteten Rechnung findet man
el grössere Tragfähigkeit der Pfähle, so dass diese Be-
derselben keine Besorgniss erwecken konnte.

Holland, wo der weiche Grund es fast nie erlaubt, den
einen festen Stand zu geben, dass sie auf die letzte Hitze
ch wenige Linien ziehn, belastet man sie allgemein mit
ringeren Gewichten. Bei den Schleusenbauten am nord-
ischen Canale ist der einzelne Rostpfahl mit 25000 Pfund
und dennoch sind die Mauern in der trocknen Docke am
theilweise stark gesunken. Bei andern Schleusen stehn
hle noch näher neben einander, so dass jeder nur 20000
tunter nur 11000 Pfund trägt, wie dieses nach Wiebeking
Schleuse am Penningsveer der Fall ist. Bei der sehr
en Entwässerungsschleuse bei Catwyk aan Zee trägt der
Pfahl 16500 Pfund, und es ist interessant, dass man
tersuchung des Baugrundes die Länge der Pfähle darnach
nte, dass der Probepfahl auf 20 Schläge mit dem 1100
schweren Rammklotze noch 4 Zoll eindrang, man meinte,
ei gleicher Tiefe die 2½ Fuss auseinanderstehenden Pfähle
hinreichend festen Stand annehmen würden.*) Dieser letzte
igte keine Senkung.

n endlich auch ein Beispiel aus England anzuführen, so
e ich, dass beim Bau der Junction-Docke zu Hull, wo
e Pfähle mit einem Gewichte belastet sind, das bis 60000
steigt, dieselben so lange eingerammt wurden, bis sie in
lägen von 6 Fuss Höhe, die mit dem 1300 Pfund schweren
lotze gegeben wurden, nicht stärker als 1½ Zoll tief ein-
n.**)

an ersieht hieraus, dass die Annahmen über die Tragfähig-
d ebenso die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr
eden sind, und hierdurch bestätigt es sich wieder, dass man

*) Beilage No. 3 im Rapport wegens Onderzoek omtrent eene
ring te Catwyk aan Zee. 1802.

**) *Transactions of Civil Engineers. I. p.* 33.

eine allgemeine Regel nicht aufstellen kann, sondern die B
schaffenheit des Grundes jedesmal berücksichtigen und besond
vorsichtig sein muss, wenn derselbe viele Thontheile enth
In diesem Falle verursacht dessen Zähigkeit einen grossen Wi
stand gegen das schnelle Eindringen der Pfähle während
Rammens, dieser Widerstand giebt sich aber bei der nach
genden dauernden Belastung nicht zu erkennen und man m
also bei gleichem Ziehn des Pfahles eine viel geringere
schwerung annehmen, als bei sandigem und kiesigem Gru
zulässig ist.

Es stellte sich durch diese Umstände um so mehr das
forderniss heraus, auf alle Erscheinungen, die sich beim
rammen von Rostpfählen zu erkennen geben, recht aufmerks
zu bleiben, und es ist nöthig, diese auch gehörig zu noti
Die Anfertigung sorgfältiger Rammregister gewährt den Nut
dass der leitende Baubeamte sein Verfahren rechtfertigen k
und überdies lehrt auch die Erfahrung, dass die Aufmerks
keit geschärft und manchen unangenehmen Folgen dadurch
gebeugt wird, wenn bedenkliche Umstände, die sich viell
während des Baues schon zu erkennen geben, aufgezeichnet
in ihrer wahren Grösse ausgedrückt werden. Perronet theilt
Gelegenheit der Beschreibung des Brückenbaues bei Neuilly
Rammregister mit. Jeder Pfahl wurde auf dem Grundrisse
einer Nummer versehn, dieses Register enthält aber:

1) den Tag, an welchem der Pfahl zum Stehn kam,
2) die Nummer des Pfahles,
3) seine Länge vor dem Einrammen,
4) seinen mittleren Umfang,
5) das Gewicht des Rammklotzes, womit er eingetrieben w
6) die Anzahl der Arbeiter an der Ramme und
7) die Tiefe, zu welcher der Pfahl eingetrieben wurde.

Es möchte wohl passend sein, in einer achten Column
anzugeben, wie stark der Pfahl während der letzten Hitze
senkte. Wenn auf derselben Baustelle auch drei oder m
Rammen in Thätigkeit sind, so kann der Aufseher, we
jeden Pfahl vor dem Setzen und nach dem Einrammen
und die letzten Hitzen beobachtet, alle diese Notizen leicht
meln und eintragen.

§. 40.

Spundpfähle.

Die Spundpfähle werden nicht wie die Spitzpfähle in [illegible]gem Abstande, sondern so nahe neben einander eingerammt, [illegible]s sie sich unmittelbar berühren; sie sind überdies mit Fe[illegible]rn und Nuthen oder mit einer Spundung versehn, wo[illegible]ch die Fuge in den Berührungsflächen zwischen zwei Spund[illegible]hlen gebrochen wird. Sie bilden sonach eine sehr dichte [illegible]nd, die man eine Spundwand oder Kernwand nennt. [illegible]e vollkommene Wasserdichtigkeit besitzen solche Spundwände [illegible]ht leicht, aber wohl verhindern sie ein starkes Durchströmen [illegible] Wassers, sowie auch das Durchfallen der Erde und des [illegible]ndes, und wenn ein fester Thonschlag dagegen gebracht wird, [illegible] erhält dieser durch die Spundwand eine so feste Lage, dass [illegible] das Wasser vollständig zurückhalten kann. Der Zweck der [illegible]undwände besteht hiernach vorzugsweise darin, alle Wasser[illegible]ern, die sich in geringer Tiefe am Boden unter der Sohle [illegible]r Baugrube befinden, zu unterbrechen, und dieser Zweck wird [illegible]sonders dadurch erreicht, dass die Spundwand ringsumher eine [illegible]mpression des Grundes erzeugt, wodurch das Wasser verhin[illegible]rt wird, sich mit derselben Leichtigkeit, wie früher, hindurch[illegible]ziehn. Häufig werden Spundwände nur angebracht, um wäh[illegible]nd des Baues das Wasser abzuhalten. Demnächst aber hält [illegible] Spundwand auch die Erde in der Baugrube zurück, und [illegible]nn durch den fertigen Bau die von der Spundwand einge[illegible]hlossene Erde stark belastet wird, so kommt selbige früher [illegible] derjenigen Spannung, welche den nöthigen Widerstand er[illegible]ugt, als wenn die erfolgte Compression sich gegen das um[illegible]bende Erdreich unmittelbar ausgleichen könnte. Dieser Zweck [illegible] besonders wichtig, wenn das Gebäude mit einer Verbreitung [illegible]s Fundamentes auf einen weichen Baugrund gestellt wird. [illegible]rner hat die dichte Umschliessung der Baugrube bei Béton[illegible]undirungen noch den Zweck, die eingeschüttete Bétonmasse [illegible]rückzuhalten und sie vor der unmittelbaren und starken Be[illegible]hrung mit fliessendem Wasser zu schützen. Endlich aber die[illegible]n die Spundwände zuweilen auch dazu, um ein Unterspülen

des Fundamentes zu verhindern, doch darf man in diese
ziehung sich nicht zu viel von ihnen versprechen, inde
eine gefährliche Stellung erhalten, wenn sie von ausse
eine grössere Höhe entblösst sind. Alsdann können sie n
wegen des fehlenden Gegendruckes nicht mehr den nö
Widerstand dem Druck der stark comprimirten Erde unte
Fundamente entgegensetzen.

Beim Einrammen der Spundpfähle kommt es hi
weniger darauf an, dass sie zu einer grossen Tiefe herabı
und so fest stehn, wie Rostpfähle, als vielmehr, dass s
hörig in einander greifen und keine weit geöffneten Fuge
schen sich lassen. Der Rostpfahl erfüllt noch seinen
wenn er sich auch nach der einen oder der andern Seit
überneigt, die Spundpfähle dürfen dagegen nicht aus der
der Wand ausweichen, weil dabei unfehlbar die Federn o
Backen zur Seite der Spundung abbrechen und alsdan
Fugen sich bilden würden. Hiernach ist ein reiner Ba
dringend erforderlich, wo man eine Spundwand aufstell
und man thut wohl, sich hiervon schon vorher zu über
indem man das Sondireisen fleissig gebraucht und in de
tung der Wand, soweit es irgend möglich ist, den Bod
gräbt oder auch wohl durch Baggern eine tiefe Rinne d
Die Kosten, die hierdurch entstehn, machen sich reichlic
das leichtere Rammen bezahlt. Wenn man aber beim Ei
der Spundpfähle bemerken sollte, dass etwa ein grosse
den der Pfahl nicht seitwärts schieben kann, oder ein Stü
im Grunde liegt, so bleibt nichts übrig, als die Pfähle
herauszuziehn und alsdann durch Graben und Baggern un
falls durch Anwendung von Zangen das Hinderniss zu en
Eine solche Unterbrechung und zweimalige Wiederholu
selben Arbeit ist augenscheinlich weit unangenehmer un
barer, als wenn man vorher den Grund genau untersuch
Aber auch im reinen Baugrunde muss man für die mö
Erleichterung der Rammarbeit sorgen, denn jeder be
grosse Kraftaufwand setzt die Spundpfähle schon in Gef
deshalb macht man, wenn Rostpfähle oder andere Pfä
neben eingerammt werden sollen, jedesmal mit dem R
der Spundwand den Anfang.

Die Spundpfähle können, so lange sie noch nicht tief im Grunde stecken, sich leicht seitwärts neigen, sie bedürfen daher in dieser Zeit gegenseitig der Unterstützung durch Federn und Nuthen. Man rammt sie deshalb nie einzeln zur ganzen Tiefe ein, sondern zwanzig bis dreissig Stück werden auf einmal gesetzt und mit häufiger Verstellung der Ramme möglichst gleichmässig eingetrieben, ja es geschieht nicht selten, dass man Rammklötze von verschiedenem Gewichte anwendet und Anfangs nur sanfte Schläge giebt, während später die schwerere Ramme darüber kommt und die Pfähle zur vollen Tiefe herabtreibt. Bei einer grossen Ausdehnung der Spundwände verursacht diese Anordnung keine merkliche Vermehrung der Kosten und trägt sogar wesentlich zur Beschleunigung der Arbeit bei. Man stellt nämlich mehrere Rammen auf, von denen eine der andern folgt und versieht sie mit Rammklötzen von verschiedenen Gewichten. Beim Bau der Brücke zu Moulins benutzte Régemortes vier dergleichen Rammen, von denen eine nach der andern jeden Pfahl der Spundwand eintrieb; die erste hatte einen Klotz von 300 Pfund Gewicht, die zweite von 500, die dritte von 700 und die vierte endlich von 1500 Pfund. Durch ein solches gleichmässiges Bearbeiten einer ganzen Reihe von Spundpfählen verhindert man es am sichersten, dass sich nicht zwischen je zweien eine zu starke Spannung bildet. Indem nämlich die benachbarten Pfähle abwechselnd in Bewegung gesetzt werden, so gleicht sich eine entstehende Pressung zwischen Feder und Nuthe leicht wieder aus, und die ganze Spannung verbreitet sich gleichmässig über alle Pfähle. Es muss hier noch bemerkt werden, dass der Gebrauch der gewöhnlichen Scheerramme bei den Spundwänden die Schwierigkeit macht, dass man die beiden Scheeren nicht auf einer Seite halten kann, wenn man den Klotz in der Mitte seiner Basis aufschlagen lässt. Dieses wird jedoch möglich, indem man die Arme des Rammklotzes etwas rückwärts versetzt und vier derselben an die innere Fläche des Klotzes bringt, wodurch kein wesentlicher Uebelstand erzeugt wird.

Die Spundpfähle können wie die Spitzpfähle aus den meisten Holzarten bestehn, doch ist es bei ihnen noch viel wichtiger, dass die Fasern recht gerade sind, weil sonst die Federn und die Backen der Nuthen zu leicht ausspringen. Aus die-

sem Grunde pflegt man gemeinhin Kiefernholz zu wählen. Die Länge der einzelnen Spundpfähle muss natürlich der Höhe der Spundwand gleichkommen, und es ist hierbei zu erinnern, dass man die Spundwände gewöhnlich nicht über das kleinste Wasser vortreten lässt, doch weicht man davon besonders in neuerer Zeit insofern oft ab, als man von ihrer grössern Höhe während des Baues noch den Vortheil zieht, dass man dahinter einen Lehmschlag anbringt und dadurch einen sehr sichern Fangedamm darstellt. Die Tiefe, zu der man die Spundwand herabreichen lässt, richtet sich wieder nach der Beschaffenheit des Grundes, jedenfalls ist sie aber geringer, als die der Rostpfähle. Durchschnittlich beträgt sie kaum die Hälfte derselben. Es ist gemeinhin auch nicht möglich, ihr eine grössere Tiefe zu geben, denn die Spundpfähle, die sich gegenseitig klemmen, erfahren schon bei jener Länge einen so starken Widerstand, dass sie nicht ohne Gefahr noch weiter getrieben werden können. Insofern aber in grösserer Tiefe das Vorkommen von Wasseradern immer unwahrscheinlicher wird, so ist es schon aus diesem Grunde nicht nöthig, die Pfähle besonders lang zu machen. Man giebt ihnen nur eine grosse Länge, wenn die Gefahr eintritt, dass eine starke Auskolkung davor sich erzeugen möchte, denn jedenfalls darf ihr Fuss durch diese nie erreicht werden und sie müssen sogar, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, die nöthige Haltung im festen Boden finden. Wo aber ein starkes Auskolken zu besorgen steht, da ist es, wie bereits erwähnt, schon an sich bedenklich, die Spundwand dem Angriffe des Wassers und dem einseitigen Drucke des Bodens bloszustellen, und man thut daher wohl, sie auf der äussern Seite noch durch Steinschüttungen zu sichern.

Die Stärke der Spundpfähle ist theils von ihrer Länge und theils von der Festigkeit des Bodens abhängig, doch bleibt sie meist in den Grenzen zwischen 4 und 10 Zoll. Wollte man Bohlen anwenden, die schwächer als 4 Zoll sind, so könnte man die Spundung darin nicht mehr anbringen, und wenn die Pfähle eine grössere Stärke als 10 Zoll erhalten, so pflegt man die Spundung auch fortzulassen und es bildet sich alsdann nur eine dichte Pfahlwand. In der Regel erhalten die sämmtlichen Spundpfähle einer Wand gleiche Stärke: eine Ausnahme hier-

on macht nur die in Fig. 149 dargestellte Anordnung, wonach inzelne starke Pfähle, die sogenannten Nuthpfähle, die auf eiden Seiten mit Nuthen versehn sind, die zwischenliegenden chwächeren Theile der Spundwand unterbrechen. Diese Nuthfähle geben jedenfalls der ganzen Wand eine grosse Festigkeit nd vermehren ihren Widerstand, und man erreicht dabei noch en Vortheil, dass sie gleichzeitig als Rostpfähle benutzt werden önnen; dagegen muss man hierbei auf das so vortheilhafte leichzeitige Einrammen von grösseren Theilen der Wand verichten, und da es fast unmöglich ist, die stärkeren Pfähle, die nzeln und ganz unabhängig von einander gesetzt werden, geau parallel zu stellen, so kann man hierbei nicht mehr darauf echnen, einen genauen Schluss hervorzubringen, es können ielmehr hier viel leichter weit geöffnete Fugen oder Brüche den Federn und Backen eintreten, die man meist gar nicht emerkt.

Was die Art der Spundung oder den Querschnitt der edern und Nuthen betrifft, so muss man von allen complicirn Formen abstrahiren, wodurch man vielleicht ein recht inniges ingreifen erzwingen will, denn bei den starken Schlägen der amme ist zu besorgen, dass die Federn gerade in diesem Falle n leichtesten abbrechen und alsdann ist die Fuge weit geöffet. Ganz ohne Beispiel sind solche Verbindungen nicht. Fig. 01 zeigt die Spundung, welche Thunberg bei den Fangedämen bei Carlscrona anwendete *), und Fig. 202 diejenige Spunung, die ich bei einem Siel am rechtseitigen Ufer der Elbe hnfern Glückstadt anwenden sah. Im letzten Falle wurde eine 'eder, deren Querschnitt einen doppelten Schwalbenschwanz bilete, zwischen zwei Nuthpfähle eingerammt, wie auch in der 'igur angedeutet ist. Am häufigsten kommt die in Fig. 203 argestellte quadratische Spundung vor, wobei die Feder im)uerschnitte ein Quadrat bildet, dessen Seite gemeinhin dem ritten Theil von der Stärke des Pfahles gleich ist. Diese Feer lässt sich indessen bei schwächeren Spundpfählen oder bei en sogenannten Spundbohlen nicht mehr mit Sicherheit anwen-

---

*) *Essais de bâtir sous l'eau mis en oeuvre par M. Thunberg, ubliés par Fellers.* Stockholm 1774.

den, weil ein Abbrechen bei einiger Klemmung zu leicht erfolgen kann. Aus diesem Grunde schmiegt man die Seiten der Feder, wie Fig. 204 zeigt. Man nennt dieses die Keilspundung, die häufig auch so gebildet wird, dass der Querschnitt der Feder sich in ein gleichseitiges Dreieck verwandelt, dessen Seite der halben Stärke des Spundpfahles gleich ist. Es scheint indessen nicht vortheilhaft, dass man die vordere Seite der Feder in eine scharfe Kante auslaufen lässt. Zuweilen werden die Federn und Nuthen nur mit der Queraxt ausgearbeitet, dieses Verfahren ist indessen nicht zweckmässig und die Spundung muss wenigstens mit einem passend gestellten Hobel nachgezogen und die Profile regelmässig dargestellt werden, weil sonst bei dem erforderlichen scharfen Schlusse die Reibung zu gross werden könnte.

Die Spundpfähle werden gemeinhin, wie Fig. 205 zeigt, nur an den beiden breiten Seiten zugeschärft, wodurch sich unter der ganzen Spundwand eine fortlaufende Schneide bildet: man pflegt dieselbe indessen nicht an den einzelnen Pfählen abzuschnüren und anzuhauen, sondern legt die bereits mit Federn und Nuthen versehenen Pfähle zusammen und versieht sie gemeinschaftlich mit der erwähnten Schneide. Man vermeidet dadurch, dass nicht vielleicht einzelne Pfähle, indem bei ihnen die Zuschärfung etwas mehr nach einer Seite geneigt ist, beim Einrammen die Tendenz zeigen, seitwärts in dieser Richtung auszuweichen. Häufig schneidet man an den Spitzen der Pfähle auch auf den schmalen Seiten die Ecken ab, so dass zwar unter jedem einzelnen Pfahle noch eine Schneide bleibt, aber zwischen je zwei dieser Schneiden ein freier Zwischenraum sich bildet. Dieses Verfahren kommt in England häufig vor. Fig. 209 stellt es dar. Régemortes versah die Spundpfähle mit vollständigen Spitzen, die in beiden Richtungen wie die Spitzen anderer Pfähle zugeschärft waren. Sodann pflegt man zuweilen auch die Spundpfähle nur an einer der beiden scharfen Seiten zuzuschärfen und zwar an derjenigen, wo die Nuthe sich befindet, weil die beiden Backen zur Seite derselben beim Eindringen in den Grund besonders leicht beschädigt werden. Fig. 206 zeigt diese Anordnung und man erreicht dabei den Vortheil, dass, wenn jeder Spundpfahl mit der Seite, wo die Feder befindlich ist, an de[n]

bereits gesetzten gelehnt wird, die letzterwähnte Zuschärfung der Spitze, die nur an der hintern Seite stattfindet, den Pfahl mit seinem untern Ende nach dem fertigen Theile der Wand herüberdrängt und dadurch ein besonders guter Schluss hervorgebracht wird. Ich habe in Holland mehrmals in dieser Art die Spundpfähle zurichten sehn; man ist indessen im Allgemeinen gegen diese Zuschärfungen an der schmalen Seite der Pfähle sehr misstrauisch, indem die zwischen zwei derselben gebildeten Zwischenräume leicht Veranlassung geben können, die Pfähle auseinanderzutreiben. Wenn z. B. ein Ast im Grunde liegt und nach der Quere der Spundwand gerichtet ist, so wird derselbe, wenn er von der horizontalen Schneide getroffen wird, entweder durchstossen oder herabgedrückt werden, geräth er dagegen in einen solchen Zwischenraum und werden die Pfähle zu beiden Seiten abwechselnd tiefer gerammt, so wirkt er wie ein Keil auf die beiden gegen einander geneigten Flächen und trennt die Pfähle.

Um einer solchen Wirkung vorzubeugen und gleichzeitig den Vortheil einer Zuschärfung in der erwähnten Richtung zu erreichen, hat man zwei verschiedene Mittel angewendet, nämlich einmal hat man ausser der ersten Schneide, die nach der Länge der Wand gerichtet ist, an jeden Pfahl noch eine zweite Schneide nach der Quere angebracht, die auf der äussern Seite von einer senkrechten und auf der innern Seite von der beabsichtigten schrägen Fläche begrenzt ist. Fig. 207 zeigt das untere Ende eines auf diese Art zugeschärften Pfahles. Demnächst aber hat man nach Fig. 208 die gewöhnliche Schneide nicht ganz horizontal gehalten, sondern sie ein wenig geneigt. Die letzte Form, die unstreitig einfacher als die erste ist, hat Telford wiederholentlich angewendet, auch habe ich sie in den Spundwänden mancher älteren Ruhrschleusen wiedergefunden.

Man versieht zuweilen auch die Spundpfähle mit **Pfahlschuhen**, und wenn man im Allgemeinen da, wo eine Spundwand eingerammt werden soll, auch immer einen ziemlich reinen Grund voraussetzen muss, in welchem daher eine solche Vorsicht minder nöthig erscheinen möchte, so ist andrerseits die hier vorkommende Schneide offenbar auch leichter einer Beschädigung ausgesetzt, als die Spitze des Rostpfahles. Der Pfahl-

schuh besteht häufig nur in einem um die Schneide umgebogenen Bleche, welches aufgenagelt wird, zuweilen aber wird ein solcher ganz entsprechend den oben beschriebenen Pfahlschuhen ausgeschmiedet. Fig. 209 zeigt diejenige Form, die für die dichte Pfahlwand (die jedoch keine Spundung hatte) am Fangdamme vor der St. Katharine's Docke zu London angewendet wurde. *)

Zu den Spundpfählen wird nicht trocknes, sondern recht frisches Holz, oder doch solches angewendet, welches in Wasser gelegen hat, und nachdem die Spundpfähle angefertigt sind, müssen sie auch bald eingerammt oder wenigstens vor dem starken Austrocknen gesichert werden. Der Grund, weshalb man sie nicht trocken werden lassen darf, ist theils, dass sie sich in diesem Falle werfen und theils, dass sie beim Setzen zu quellen anfangen. Man könnte freilich glauben, dass sich ihnen noch ein besonders dichter Schluss geben liesse, wenn man sie trocken in den Boden brächte, es wird alsdann aber die Arbeit gar zu schwierig und eben deshalb ist ein Brechen der Federn um so mehr zu besorgen. Die Federn können auch nur so lange die einzelnen Pfähle gehörig zusammenhalten, als dieselben willig folgen. Man bemerkt übrigens beim Einrammen von ziemlich trocknen Spundpfählen auch noch den andern Uebelstand, dass die ganze Wand sich stark zu werfen anfängt und selbst die Zwingen seitwärts drängt. Man darf nicht vergessen, dass die Spundwand an sich einen vollkommen wasserdichten Schluss nur selten darstellt und dass sie ihren Zweck genügend erfüllt, wenn überall die Federn in die Nuthen greifen. Jede Feder tritt mindestens etwa 2 Zoll weit vor, es könnte also jeder einzelne Pfahl schon sehr merklich sich vom nebenstehenden entfernen, ohne dass man befürchten dürfte, die Feder möchte aus der Nuthe herauskommen. Aus diesem Grunde erscheint es zwecklos, die Pfähle durch eine schräge Zuschärfung ihres Fusses recht fest gegen einander zu treiben, oder dieses durch später einzurammende keilförmige Zwischenpfähle zu thun, oder auch wohl dadurch, dass man ein starkes Quellen des Holzes eintreten lässt. Da man jedoch auf ein geringes Quellen immer gefasst sein muss, so ist

---

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. II. p.* 234.

ssend, jeden Pfahl mit der Seite, wo die Nuthe sich be-
an den später zu setzenden Pfahl zu bringen. Quillt
ste Pfahl nämlich noch etwas, so findet die Feder einen
grösseren Spielraum; im entgegengesetzten Falle würde
ie Feder so stark werden, dass sie in die Nuthe im trock-
olze sich nicht willig einbringen liesse.

as Einrammen der Spundpfähle wird schon vielfach durch
Umstände erschwert und ist immer mit der Gefahr ver-
, dass unter den Schlägen des Rammklotzes eine Tren-
irgendwo erfolgt, die man gemeinhin von oben aus gar
bemerken kann. Um einer solchen vorzubeugen, giebt es
sicheres Mittel und man kann sich nur darauf beschränken,
zu vermeiden, was den Widerstand und die Klemmung
vermehren möchte. Dazu gehört namentlich, dass die Nuthe
len Richtungen etwas Spielraum hat und dass die ein-
n Pfähle nicht zu dicht gesetzt werden, wodurch ihre gegen-
e Reibung vergrössert wird. Wenn sie vorsichtig bearbeitet,
stellt und abwechselnd eingerammt werden, so pflegen sie
hnen gegebenen Abstand auch beim tieferen Eindringen bei-
alten, und wenn ein Pfahl dem andern sich zu sehr nähert,
erursacht der stärkere Druck von dieser Seite, dass bei
fortgesetzten Rammen die Pfähle wieder einen etwas grösse-
Spielraum zwischen sich von selbst darstellen. Wenigstens
dieses bei reinem Baugrunde geschehn. Damit ferner die
nen Pfähle nicht aus der Ebene der Wand ausweichen,
die Federn oder Backen brechen, so ist es erforderlich,
jede Feder gleich Anfangs beinahe in ihrer ganzen Länge
Nuthe eingebracht wird und hierin auch immer bleibt;
Umstand macht es aber zur Bedingung, dass die sämmt-
Pfähle möglichst gleichmässig eingerammt werden.
wichtig dieses ist, ergiebt sich, wenn man die Annahme
, dass ein Spundpfahl bereits zur ganzen Tiefe einge-
t ist, während der folgende erst gesetzt wird. In diesem
würde offenbar die Feder des letzteren nur auf diejenige
, soweit der Pfahl von selbst in den Grund eindringt, in
uthe des schon stehenden Pfahles geschoben werden kön-
und es folgt daraus, dass bei einer gleichen Tendenz zum
eichen, die Feder in der kürzeren Länge, womit sie ein-

greift, auch nur einen weit geringeren Widerstand dem Bruche entgegensetzen kann. Die Tendenz zum Ausweichen ist aber auch an sich bedeutender, da wegen des nöthigen Spielraumes sich schon eine grössere Verschiedenheit der Neigung in beiden Pfählen bilden kann, die beim weitern Einrammen des letztern einen Bruch der Backe oder der Feder zur unvermeidlichen Folge hat. Ob dieser eingetreten ist oder nicht, kann man während des Baues nicht bemerken. Man darf freilich nicht besorgen, dass eine geöffnete Fuge gleich den ganzen Zweck der Spundwand vereiteln oder gar den Ruin des Gebäudes jedesmal veranlassen wird, denn wenn dieses der Fall wäre, so möchten solche Unfälle viel häufiger sein, als sie es wirklich sind. Nichts desto weniger wird man doch alle mögliche Sorgfalt anwenden müssen, und man vermeidet die Trennung am sichersten, wenn man alle Spundpfähle so frei setzt, dass sie sich nicht klemmen, und dass ein Quellen dabei auch nicht eintritt, ferner aber auch, dass jede zwei benachbarten Pfähle möglichst gleichzeitig eingerammt werden: alsdann greifen die Federn immer in der vollen Länge ein, sie leisten den kräftigsten Widerstand und wo eine Tendenz zum Ausweichen entsteht, da wird diese durch die abwechselnde Bewegung des einen und des andern *Pfahles* am leichtesten beseitigt. Es ergiebt sich hieraus, dass die Benutzung von einzelnen längeren und stärkeren Nuthpfählen nicht passend ist, und ebensowenig die nach einer Seite gerichtete Abschrägung am Fusse des Spundpfahles; besonders wäre es aber höchst gefährlich, wenn man die Spundwand an einzelnen Stellen unterbrechen und hier später keilförmig verjüngte Pfähle einrammen wollte, um einen recht festen Schluss zu erzeugen. Dieses Verfahren ist schon insofern nicht zu billigen, als man dadurch nur eben in der Oberfläche den Schluss darstellen kann, während die geringere Breite des Pfahles in der Tiefe einen solchen unmöglich macht; man darf aber auch nicht hoffen, eine bereits eingerammte Spundwand noch stark seitwärts zu drängen und etwa auf jeder Seite mehrere Pfähle durch den eingetriebenen keilförmigen Pfahl zusammenzubringen. Besonders nachtheilig wäre es hierbei aber, dass die beiden Theile der Spundwand ganz unabhängig von einander eingerammt sind und [illegible] daher auch nicht voraussetzen darf, dass ihre Endpfähle parallel

. Der eine kann mit seinem Fusse bedeutend vor die Ebene Wand vortreten, während der andere dahinter zurückbleibt; gt man alsdann den Verbindungspfahl dazwischen, so ist usbrechen der Federn oder Backen unvermeidlich.

Um eine Spundwand in der gehörigen Richtung und recht mässig einzurammen, ist es nothwendig, den einzelnen Pfählie gehörige Haltung zu verschaffen, dieses geschieht am rsten, indem man feste Zwingen oder Lehren dicht dem Boden oder dem Wasserspiegel anbringt: dieses sind nebeneinanderliegende Balken, die entweder unmittelbar auf le verzapft oder auf andere Art befestigt sind, die aber chen sich einen Raum frei lassen, der mit der Stärke der dwand nahe übereinkommt und nur etwas Spielraum bietet. durch wird die Spundwand sehr sicher gehalten, aber die ge einer solchen Zwinge ist auch sehr umständlich und thar, indem dazu gemeinhin besondere Pfähle eingerammt den müssen. Régemortes benutzte hierzu dieselbe Rüstung, auch zu den andern Fundirungsarbeiten für den Brückenbau raucht wurde. Diese Rüstung bestand nämlich in verholmten hlreihen, welche die Richtung der Spundwände kreuzten. Diese lme wurden an der passenden Stelle durchschnitten und Rahmcke über ihre Enden von beiden Seiten gebolzt, wodurch die e Zwinge sich bildete. Zuweilen rammt man die Rostpfähle vordern Pfahlreihe schon früher als die Spundwand ein, und über selbige treffende Rostschwelle kann sonach als die eine fte der Zwinge benutzt werden, woher man nur noch auf der ern Seite für eine ähnliche zu sorgen braucht. Dieses Veren ist in Frankreich üblich, und wenn man die Spundwand die innere Seite der äussern Pfahlreihe bringt, so kann wohl gegen die zweite Pfahlreihe die zweite Hälfte der nge befestigen und sonach das Einrammen von besonderen hlen für die Zwingen ganz vermeiden. Es dürfte indessen Darstellung einer möglichst regelmässigen Spundwand geeter sein, die Rüstpfähle, welche die Zwinge tragen, nicht nahe an die Spundwand zu stellen, noch auch sie besonders und sehr nahe neben einander einzurammen, weil hierdurch Boden neben der Spundwand stark comprimirt wird. Wenman starkes Balkenholz zu den Zwingen an, so wird eine

Unterstützung desselben in 8 bis 12 Fuss Abstand vollkommen ausreichen und man hat gewöhnlich noch Gelegenheit, durch Anbringen von Absteifung, wo eine solche gerade nöthig sein sollte, ein Herausdrängen der Zwingen nach der Seite zu verhindern. Ausserdem aber kann man auch eine sehr sichere Stellung für die Zwingen hervorbringen, wenn man in gewissen Abständen durch sie und durch die Spundwand Schraubenbolzen hindurchzieht. Diese dürfen indessen natürlich nicht durch diejenigen Pfähle reichen, die man gerade einrammt, und sonach muss man sie bald hier und bald dort anbringen, wodurch leicht eine grosse Menge von Bolzenlöchern in die Wand kommt. Einen grossen Uebelstand darf man hiervon wohl keineswegs besorgen, und es ist sogar bei einiger Aufmerksamkeit immer möglich, sobald beim weitern Eindringen des Pfahles das Bolzenloch unter die Zwinge tritt, dasselbe durch einen kurzen Pflock wieder zu schliessen. Die angedeutete Vorrichtung ist Fig. 210 *a* und *b* in der Ansicht von der Seite und im Querschnitte dargestellt. Dieselbe Figur zeigt auch, in welcher Art die Spundpfähle gesetzt werden: man stellt sie nämlich sehr schräge in die Zwinge ein und richtet sie alsdann auf, wodurch sie sich nahe genug an die bereits stehenden herandrängen. In dieser Stellung erhält man sie vorläufig durch eingeschlagene Klammern, sobald aber die ganze Anzahl von Pfählen, die man auf einmal setzen will, eingebracht ist, so zieht man in der Entfernung von einigen Zollen hinter dem letzten einen starken Schraubenbolzen durch die Zwinge und schlägt hier, jedoch keineswegs besonders fest, einen passend geformten Holzkeil vor, der mit einer recht breiten Fläche sich gegen den letzten Spundpfahl lehnt, worauf jene eisernen Klammern herausgenommen werden. Indem die feste Zwinge, von der bisher allein die Rede war, ziemlich tief angebracht zu werden pflegt, so muss man befürchten, dass die sämmtlichen zugleich gesetzten Pfähle sich unten stark zusammendrängen und oben von einander entfernen. Dieses verhütet man am sichersten durch die losen Zwingen, die häufig gleichzeitig mit den festen benutzt werden, wie dieses z. B. durch Régemortes geschah; oft aber vertreten diese auch die Stelle von jenen.

Beim Einrammen der Spundpfähle muss man ferner sehr

erksam sein, dass die erwähnten Keile immer in der ge-
;en Spannung bleiben. Sie springen oft schon nach den
n Schlägen heraus, welche die letzten Pfähle treffen, und
ie immer von oben eingetrieben werden, so geschieht es
häufiger, dass sie sich bald stark klemmen. Sie berüh-
indessen nur auf eine kurze Länge die Backen des letzten
ndpfahles und sonach können sie diese leicht beschädigen,
muss sie daher nach kurzen Zwischenzeiten und etwa beim
smaligen Verstellen der Ramme untersuchen und nach Um-
den entweder losschlagen oder fester treiben. Am besten
es aber, den zuletzt gesetzten Spundpfahl noch gar nicht
urammen, sondern ihn erst mit den folgenden Pfählen zu-
ich herabzutreiben. Fig. 211 zeigt die von Wiebeking empfoh-
e feste Zwinge, wobei die schräge eingerammten Pfähle offen-
viel weniger auf die starke Compression des Erdreichs hin-
ken und überdies einen stärkeren Widerstand dem Seitendrucke
gegensetzen. Diese Anordnung möchte zu empfehlen sein,
nn man besonders Pfähle zur Unterstützung der Zwinge ein-
amt und man eine Ramme benutzt, die schräge wirken kann.
Was die losen Zwingen betrifft, so sind dieselben im
sentlichen den festen gleich; Fig. 212 zeigt ihre Anwendung.
unterscheiden sich von jenen theils durch die geringere Holz-
ke (häufig sind es nur starke Bohlen) und theils dadurch,
sie allein gegen die Spundwand, nicht aber gegen andere
le befestigt werden. Ein Verstellen der Zwingen wiederholt
hierbei noch häufiger, als im ersten Falle, und eine grosse
von Bolzenlöchern muss dabei durch die Wand gebohrt
len. Man kann diese Löcher nach dem jedesmaligen Ab-
nen der Zwinge sogleich mit hölzernen Nägeln schliessen
letztere von beiden Seiten abhauen, wodurch sie in keiner
ehung schädlich bleiben. Es ist noch zu bemerken, dass
Durchziehn von Schraubenbolzen bei der losen Zwinge nicht
ermeiden ist, wenn man nicht etwa die auf einmal gesetz-
Pfähle ganz für sich behandeln und dadurch einen guten
chluss gegen den früher eingerammten Theil der Spundwand
öglich machen will. Sind die Spundpfähle schon zu einer
sen Tiefe eingedrungen, so dass sie fest im Boden stecken,
kann man alle Zwingen entbehren, aber es ist dennoch im-

mer nothwendig, sie nicht zu lange einzeln einzuramm
dern noch recht häufig die Ramme darüber zu verfahr

Um die Spundwand mit einem Fachbaume zu
wird an alle Pfähle ein durchlaufender Zapfen ang
der in das Zapfenloch des Fachbaumes passt, welch
diesem Falle in eine Nuthe verwandelt, man pflegt
einzelnen Pfählen die Zapfen durch die ganze Höhe
baumes hindurchgreifen zu lassen, so dass sie von
verkeilt werden können, wodurch die Verbindung beso
wird. Es ist schon früher erwähnt worden, dass di
wand, wenn sie nicht sehr stark ist, allein nicht ge
den Fachbaum zu unterstützen, vielmehr werden noch S
an einer Seite eingerammt, die ihn mit Blattzapfen
und sicher halten. Die schwächeren Spundwände p
nicht mit Fachbäumen zu versehn, sondern gegen Ri
len zu nageln, oder auch durch Zangen zu umfassen,
Schraubenbolzen verbunden sind.

Man lässt zuweilen und zwar vorzugsweise bei
Pfählen die Spundung fort und rammt die Pfähle m
lichst nahe neben einander. Besonders geschieht dieses
land, wo die grösseren Fangedämme fast immer *auf so*
dargestellt werden. Der Grund, weshalb man die Sp
dabei nicht anwendet, liegt eines Theils darin, dass
Holzverlust vermeiden will: ein 10zölliger Balken, den
Spundpfahl bearbeitet, vermehrt die Länge der Wand
7 Zoll, während er ohne die Spundung auf seine vol
oder auf 10 Zoll Wandfläche darstellt. Es kommt ab
dazu, dass durch die Spundung das Holz sehr ausge
wird, so dass es später, wenn man es wieder als Ba
benutzen will und die Federn und die Backen der Nu
schlägt, kaum noch die Hälfte des früheren Querschni
Je tiefer man endlich eine Spundwand einrammt und je
der Grund ist (wodurch eben die Anwendung von recht
Spundpfählen bedingt wird), um so grösser ist auch di
des Abspringens der Federn oder der Backen, weshalb
dann lieber beide ganz fortlässt.

Eine andere Modification der Spundwände sind d
nannten Stülpwände, welche für geringe Tiefen sc

Stelle der erstern vertreten und sich durch Wohlfeilheit und ...htigkeit in der Ausführung sehr empfehlen. Fig. 213 *a* ... *b* auf Taf. XVIII. zeigt im Grundrisse und im Querschnitte ... solche Wand. Es werden in ihrer äussern Fläche, und ...r im lichten Abstande von 4 bis 6 Zoll, Brettstücke von der ...senden Länge mit der Handramme eingestossen; die Stärke ... Bretter misst nach Umständen 1½ bis 2 Zoll und sie erhal... wie Spundpfähle, eine scharfe Schneide, welche in die ...ttellinie jedes Brettes fällt. Um sie recht regelmässig einzu...ssen, muss man aus einem schwachen Bauholze oder einem ...äcke Halbholz vorher eine Lehre bilden, die auch später als ...sserer Theil der Zange dienen kann, welche die Wand hält. ...rauf wird eine zweite Reihe von Brettstücken hinter der er...n und zwar so eingestossen, dass diese die offenen Zwischen...ume deckt. Dabei ist nur zu bemerken, dass die hintern ...etter ihre scharfen Schneiden nicht mehr in der Mittellinie, ...ndern in derjenigen Fläche haben, womit sie die äussern ...etter berühren.

Zuweilen ändert man die Spundwände auch in der Art ab, ...e Fig. 214 *a*, *b* und *c* zeigt; es werden nämlich Nuthpfähle ... Abständen von 4 bis 6 Fuss eingerammt und die mit der ...pundung versehenen Bohlen nicht vertical zwischen dieselben ...estellt, sondern horizontal herabgeschoben. Es ist natürlich, ...ass eine solche Wand sich nur so weit abwärts fortsetzen lässt, ...s der Boden aufgegraben oder ausgebaggert ist, und die eigent...chen Zwecke der Spundwand gehen sonach dabei verloren, ...chts desto weniger kann auch diese Anordnung in manchen ...ällen, wie z. B. bei Umschliessung einer Baugrube, behufs ...ersenkung des Bétonbettes und bei Fangedämmen noch räthlich ...in. Sie gewährt den Vortheil, dass die Rammarbeit eine viel ...ringere Ausdehnung erhält und man kann dabei noch ziemlich ...cher mehrere Fuss unter das Wasser herabgehn, indem die ...ohlen von oben eingesetzt und nach und nach mit der Hand...mme recht gleichmässig herabgetrieben werden, doch ist es ...bei nothwendig, dass die Nuthpfähle sehr regelmässig gestellt ...nd. Beim Bau der Eingangsschleuse aus dem Rheine nach ...em Ill-Canale bei Strassburg hatte man auf solche Art die ...mschliessung der vorher ausgebaggerten Baugrube dargestellt,

worin der Béton später versenkt werden sollte, und a
andern Fällen, besonders in Frankreich, sind solche Wä
ähnlichen Zwecken benutzt worden. Ich habe jedoch in
Falle Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dass diese
welche zur Einschliessung des Bétons dienten, nicht nu
unregelmässig herabgesunken, sondern sogar aus den
herausgefallen waren, während bei ihrem Herabstossen
Unregelmässigkeit sich nicht zu erkennen gegeben hatt
die Leitung des ganzen Baues mit grosser Sorgfalt
führt war.

Die Anwendung gusseiserner Spundpfähle
neuerer Zeit in England nicht ungewöhnlich, und besond
nutzt man sie, wenn die Spundwand nicht sowohl eine
spülung des Grundes verhindern, als vielmehr nur w
des Baues einen starken Wasserzudrang abhalten soll. In
sem Falle werden die Spundpfähle, sobald der Grundba
endigt ist, wieder herausgezogen, und insofern das Gus
nicht quillt und seine Oberfläche nicht in der Art ange
wird, wie die des Holzes, so ist das Einrammen und das W
ausziehn viel leichter, auch sind solche Spundpfähle kein
nutzung unterworfen. Alle diese Umstände empfehlen si
sonders, wenn der Preis des Holzes sehr hoch steht un
Gusseisen dagegen verhältnissmässig wohlfeil ist.

Schon beim Bau der George's Docke in Liverpool w
im Jahre 1825 dergleichen gusseiserne Spundwände sta
Fangedämme angewendet. *) Sobald nämlich auf etwa 30
Länge die Rostpfähle eingerammt waren, so wurde ein vie
ger Rahmen von dieser Länge zwischen die Pfähle gele
zwar so, dass er sie von aussen umgab; um aber ein E
gen desselben zu verhindern, wurden zugleich die beiden
Seiten des Rahmens durch zwei Riegel gegen einander
steift. Alsdann setzte man die Spundpfähle von aussen
den Rahmen und rammte sie ein. Sie hatten eine Läng
10 Fuss und bestanden, etwa den Stülpwänden ähnlich
zwei verschiedenen Arten von gusseisernen Platten oder

*) Strickl d, *Reports on Canals, Railways, Roads* et

gegenseitig ihre Fugen deckten. Diejenigen Platten, welche gegen den Rahmen lehnten und den Haupttheil der Wand eten, hatten eine Breite von 14 Zoll, und waren so nahe en einander eingerammt, dass sie sich fast berührten. Jede elben war mit einem breiten Kopfe versehn, der durch eine Zoll hohe Verstärkungsrippe unterstützt wurde. Die Seiten eten umgebogene Ränder, die um ähnliche Ränder der Verlungsbohlen griffen. Letztere waren nur 8 Zoll breit, und en gleichfalls einen starken Kopf, der sich auf die umgeenen Ränder zur Seite stützte. Endlich waren an beiden len noch Löcher angebracht, durch welche Haken gesteckt den konnten, um sie später herauszuziehn: die breiteren Bohdie zunächst am hölzernen Rahmen lagen, hatten zwei solche her und die andern eines.

In ähnlicher Art sind auch später eiserne Spundwände, die n sehr ähnlich waren, benutzt. Fig. 215 zeigt die Form die Stellung derselben, nämlich *a* ist der horizontale Durchitt durch drei Haupt- und zwei Verbindungsbohlen, *b* stellt Seitenansicht derselben dar und zwar in der Art, dass man den drei mittleren Bohlen das obere Ende und von den en Seitenbohlen das untere Ende sieht, und endlich zeigt 215 *c* noch den Längendurchschnitt der Hauptbohle. Die ern Details dieser Bohlen, sowie ihre Dimensionen, ergeben aus der Zeichnung, und es ist nur zu bemerken, dass behufs der regelmässigen Stellung der Hauptbohlen dieselan ihrer vordern Seite (d. h. an der Seite, wo die Ränder Rippen nicht befindlich sind) mit seitwärts vortretenden Lapversieht, womit sie über die bereits eingerammten Bohlen fen und sonach regelmässig an denselben herabgleiten. Fig. *a* zeigt bei *A* einen solchen Lappen, der die Höhe von 4 Zoll hat und sich ziemlich nahe am untern Ende der le befindet. Es ist klar, dass dieser Lappen nur verhinkann, dass die letzte Bohle sich nicht hinter die bereits erammte schiebt, das Vortreten vor dieselbe kann er nicht indern, aber wenn die Zuschärfung des Fusses so gemacht dass die Bohle die Tendenz hat, sich zurückzuschieben, so gt sich der Lappen immer dagegen und man erreicht auf he Art die beabsichtigte parallele Einstellung.

Beim Einrammen der gusseisernen Spundpfähle wird zwar in England gewöhnlich auch der gusseiserne Rammklotz benutzt, jedoch lässt man ihn alsdann nicht leicht durch eine Kunstramme sehr hoch heben, er wird vielmehr nur durch die gewöhnliche Zugramme 3½ Fuss hoch gezogen. Er fällt auch nicht unmittelbar auf den Kopf des Pfahles, sondern dieser wird durch eine eichene Bohle bedeckt, die wie ein flacher Aufsetzer an die Läuferruthe befestigt ist.

Bei den gusseisernen Spundpfählen giebt es noch manche Modificationen. Die Länge derselben beträgt gewöhnlich 10 bis 15 Fuss und wenn dieses nicht genügt, so setzt man zwei Längen wie Fig. 216 zeigt, durch eine eiserne Klammer zusammen, welche mittelst eingeschlagener Keile zum festen Schlusse gebracht wird; dabei greifen beide Theile mit einer Spundung in einander, wie der Querschnitt zeigt. Ferner hat man auch Spundbohlen aus gewalztem Bleche und gleichfalls mit umgebogenen Rändern dargestellt, wie Fig. 217 zeigt. Diese besitzen eine grosse Biegsamkeit und sind also auch da zu gebrauchen, wo einige Unregelmässigkeit sich vorfindet und sonach die gusseisernen Bohlen nicht mehr den gehörigen Schluss darstellen würden. Mittelst dieser Bohlen kann man, wenn sie passend geformt sind, auch leicht zwei Spundwände verbinden, die sich unter einem rechten oder irgend einem andern Winkel treffen. *) Endlich hat man hierbei auch noch die Aenderung angebracht, dass die Fuge zwischen beiden Haupt- und den Verbindungsbohlen mit einem gut erhärtenden Wassermörtel angefüllt wird, zu welchem Zwecke man auch wohl die Querschnitte so verändert, dass sich weite Fugen bilden. Fig. 218 zeigt den Querschnitt der gusseisernen Spundwand unter dem ganz aus Gusseisen bestehenden Bohlwerke in der Ostindischen Docke zu London. Die Bohlwerkspfähle, deren einen man hier im Querschnitte bei *B* sieht, stehn 7 Fuss auseinander und zwischen je zweien derselben sind fünf Spundbohlen eingeschoben. Sehr ähnlich ist auch die Spundwand, die zu Deptford an der eisernen Uferschälung angebracht ist. **)

---

*) Davy, *the constructive Manual I. p.* 60 ff.

**) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p.* 195 ff. und *Public Works of Great Britain B. p.* 29.

§. 41.

Die Grundsäge.

Wenn die Baustelle mit einem Fangedamm umgeben und ...cken gelegt wird, so hat man Gelegenheit, die Pfähle mit ge...öhnlichen Sägen abzuschneiden und mit Zapfen zu versehn; wenn ...an dagegen die §. 35 angedeutete Anordnung des Pfahlrostes ...ählt und die Fangedämme ganz umgeht, oder wenn man von ...er später zu beschreibenden Fundirungsart in Caissons Gebrauch ...achen will, so müssen die Pfähle unter Wasser horizontal abge...chnitten werden, wozu die Grundsäge dient. Es kommen ...dessen auch andere Fälle nicht selten vor, wo man Pfähle in ...rösserer oder geringerer Tiefe unter Wasser abschneiden muss, ...nd dieses geschieht auch, wenn es sich überhaupt nur um die ...ntfernung der Pfähle handelt und ein Ausziehn derselben zu ...iele Schwierigkeiten machen würde.

Der letzte Fall ist der einfachste, indem es dabei am wenig...en darauf ankommt, dass der Schnitt genau in einer vorher be...immten Tiefe und horizontal geführt wird. Man braucht hierbei ...ur eine auf gewöhnliche Art eingespannte Säge mit einem langen ...tiele zu versehn, so dass sie schräge von einer Rüstung aus ...der auch wohl von einem Nachen bewegt werden kann, doch ...uss sie zugleich durch eine Zugstange oder durch ein Seil ...egen den abzuschneidenden Pfahl angedrückt werden. Ich habe ...it solchen Sägen mehrfach einzelne Pfähle in der Tiefe bis ... Fuss unter Wasser abschneiden lassen, und wenn die Arbeit ...uch langsam von statten ging und dabei wenigstens drei Mann ...ngestellt werden mussten, so wurde doch ohne grosse Vorkeh...ungen der Zweck jedesmal sicher erreicht. Fig. 219 zeigt eine ...hnliche Vorrichtung, die zu demselben Zwecke bei den Correc...ionen des Rheines in der Nähe von Strassburg benutzt wurde*) ...nd die sich von jener durch eine etwas festere Zusammensetzung ...es ganzen Apparates unterscheidet. Das Sägeblatt muss scharf ...ingespannt sein, und damit es in gleichmässiger Richtung geführt ...ird, so ist es Hauptbedingung, dass die Ebene desselben mit

*) *Nouvelle Collection de dessins, relatifs à l'art de l'Ingénieur.*

der des Stiels und zugleich der Handhabe *A* zusammenfällt. Die Arbeit wird auch noch dadurch erleichtert, dass man den Stiel nicht frei schweben und allein durch die beiden Leute führen lässt, welche die Handhabe halten und die Säge bewegen, sondern dass man ihm noch eine andere sichere Unterstützung giebt, dass man also etwa kreuzweise zwei Latten befestigt oder eine Bohle mit einem Einschnitte anbringt, worin der Stiel liegt. Alsdann dürfen die Arbeiter nur darauf achten, dass die Handhabe beständig horizontal bleibt, so vermeiden sie schon jedes starke Klemmen. Mittelst einer Leine wird die Säge beim Beginn der Arbeit bis zu der erforderlichen Tiefe am abzuschneidenden Pfahle herabgelassen und alsdann durch eine zweite Leine, die am besten an einem der beiden eisernen Arme neben dem Sägenblatte ihre Befestigung findet, gegen den Pfahl fortwährend angedrückt. Es darf kaum erwähnt werden, dass die Säge nicht andere Pfähle oder den Boden berühren darf, und überdies ist es gut, die Zähne der Säge stark zu schränken oder sie recht weit aus der Ebene des Blattes heraustreten zu lassen, damit der Schnitt möglichst breit wird, wodurch man ein Klemmen sicher vermeidet. Die Leine, womit die Säge angezogen wird, muss nicht zu stark gespannt werden, denn es kommt hierbei viel weniger darauf an, eine solche Arbeit, die sich nur selten wiederholt, möglichst zu beschleunigen, als vielmehr alle Zufälligkeiten zu vermeiden, wodurch der Apparat zerbrochen oder unbrauchbar gemacht werden könnte.

Wenn dagegen Rostpfähle in einer vorher bestimmten Tiefe ganz genau und zwar horizontal abgeschnitten werden sollen, so ist hierzu der erwähnte einfache Apparat nicht mehr ausreichend: man muss die Säge alsdann in ein Gatter einspannen, das sich horizontal einstellen und in die verlangte Tiefe bringen lässt. Eine feste Rüstung kann man hierbei nicht füglich entbehren, obwohl de Cessart erzählt *), dass er beim Bau der Kaimauer zu Rouen der Kostenersparung wegen gezwungen worden sei, die Rüstung fortzulassen und die Grundsäge zwischen zwei Schiffen aufzustellen; er setzt aber hinzu, dass nicht nur die Sägeblätter dabei oft brachen und die Schnitte sehr unregelmässig ausfielen.

---

*) *Description des travaux hydrauliques. I. p.* 234.

dern dass ausserdem auch die Arbeit sich übermässig verzögerte. Schwierigkeiten waren in diesem Falle auch ausserordentlich ss und die Fortlassung einer festen Rüstung gerade hier am nigsten zu rechtfertigen, da wegen der Ebbe und Fluth immer r die kurze Zeit des niedrigsten Wassers für diese Arbeit be-tzt werden konnte.

Wenn die Holme der Rüstung recht horizontal verlegt sind, braucht man auf dieselben nur den Schlitten, der die Säge gt, hin und her zu schieben, um alle Pfähle ohne weiteres nstellen der Säge horizontal abzuschneiden. Ist das Gewicht s Schlittens bedeutend, so lässt man ihn auf Rollen oder Rädern ufen, und zuweilen versieht man ihn noch mit einer Querbahn, rauf ein zweiter Schlitten ähnlicher Art steht. Alsdann kann an nach zwei Richtungen die Verschiebung vornehmen und auf ese Art alle Rostpfähle in den verschiedenen Pfahlreihen ab-hneiden. Es kommen indessen solche complicirte Vorrichtungen ur da vor, wo man in grösserer Tiefe die Säge gebrauchen will. m häufigsten geschieht es, dass man einen Rahmen, der in der gemessenen Tiefe das horizontal gestellte Sägeblatt trägt, mit höhten Handhaben versieht und ihn unmittelbar auf der Rüstung n- und herschieben und zugleich gegen den Pfahl andrücken sst. Um ein Beispiel hiervon mitzutheilen, wähle ich diejenige orrichtung, welche bei Erbauung der Brücke zu Berry au Bac gewendet wurde und welche Fig. 220 *a* und *b* in der Seiten-sicht und in der Ansicht von vorn zeigt. Zwei hochkantige, doch nur schwache Holzstücke von 9 Fuss Länge waren mittelst veier Riegel in dem Abstande von 3 Fuss mit einander ver-nden und bildeten den verschiebbaren Rahmen. Unter den iegeln war eine kreuzförmige Verstrebung aus Schmiedeeisen festigt und durch diese griffen die beiden Schienen hindurch, deren untere umgebogene Enden das Sägeblatt angeniethet war. m letzteres gehörig zu spannen, wurden die obern Enden der hienen durch Schrauben zusammengezogen. Endlich war jede hiene, wie die vordere Ansicht zeigt, noch durch zwei Zugbänder itwärts an den Rahmen befestigt, wodurch ein Umbiegen der-lben verhindert wurde, welches in Folge des starken Andrückens den Pfahl leicht eintreten konnte. Mit dieser Vorrichtung urden durch vier Mann an einem Tage sechzehn bis achtzehn

Pfähle abgeschnitten und der Schnitt erfolgte etwa 5 Fuss unter Wasser.*)

Zuweilen hat man bei ähnlichen ziemlich einfachen Vorrichtungen auch die Anordnung getroffen, dass durch besondere Taue der Rahmen gegen den abzuschneidenden Pfahl gedrückt wird, oder man spannt die Säge in ein leichtes Gatter, das unter Wasser liegt und durch Leinen, die von beiden Seiten über Rollen heraufgezogen sind, hin- und herbewegt wird. Man hat hierbei allerdings den Vortheil, dass die zu bewegende Masse viel geringer und sonach die Reibung auch unbedeutender ist; nichts desto weniger dürfte diese Befestigung der Säge nicht so sicher sein, als die zuerst beschriebene, wenn man nicht etwa den ganzen beweglichen Rahmen nebst seiner Leitung aus Eisen darstellt, was sich nur rechtfertigen würde, wenn entweder die Säge sehr lange im Gebrauche bliebe, oder sie in sehr grosser Tiefe benutzt werden sollte. Bei den einfacheren Apparaten, wovon hier die Rede ist, die man nur für einzelne Pfähle einrichtet, kommt es, wie bei der beschriebenen Handsäge, auf die Kraftersparung weniger an, als vielmehr darauf, dass die Anschaffungskosten nicht zu gross ausfallen und der Zweck, wenn auch langsam, doch sicher erreicht wird.

Unter ähnlichen Verhältnissen hat man bei Gelegenheit der bereits erwähnten Rheinstromcorrectionen bei Strassburg noch auf eine andere und ganz eigenthümliche Art die Säge aufgestellt, wie Fig. 221 in der Ansicht von der Seite zeigt. Das Sägeblatt *C D* ist nämlich in einen Rahmen gespannt, der pendelartig um den Bolzen *B* schwingt und mittelst der beiden Zugstangen *E* und *F* hin- und herbewegt wird, wobei die Säge den Pfahl durchschneidet. Für das gehörige Andrücken der Säge an den Pfahl braucht hierbei nicht besonders gesorgt zu werden, da sich dieses durch die Zugstangen selbst schon bewirken lässt, aber es ist klar, dass die hierbei nothwendig eintretende Krümmung des Sägeblattes leicht ein sehr beschwerliches Klemmen veranlassen kann, dem man noch am sichersten dadurch vorbeugt, dass man den Rahmen recht hoch macht und ihn nicht weit ausschwingen lässt. Im erwähnten Falle betrug seine Höhe 7½ Fuss.

*) *Nouvelle Collection de dessins etc.*

Der schwierigste Fall ist endlich der, wenn man das Abhneiden der Pfähle in einer **grossen Tiefe** von etwa 10 Fuss nter Wasser oder darüber bewirken will. Die Holzverbindungen erlieren alsdann, wenn sie noch gehörig beweglich bleiben sollen, re Steifigkeit, und da alle nachtheiligen Zufälle bei grösserer iefe auch leichter eintreten, so wird es um so mehr Bedingung, ir eine recht feste Aufstellung zu sorgen, die man nur erreicht, enn alle Theile aus Eisen bestehn. In diesem Falle zeigt sich ogar das Sägen unter Wasser gar nicht mehr als eine beschwerche Arbeit und erfordert keine grössere Kraftanstrengung, als eim Gebrauche der gewöhnlichen Sägen über Wasser nöthig sein ürde. Wenigstens rühmt dieses de Cessart von der von ihm ehrfach benutzten Grundsäge.

Hierbei kommt noch der Umstand in Betracht, dass man von edem Pfahle ein beträchtliches Ende abschneiden muss und man onach gezwungen ist, Pfähle anzuwenden, die behufs des Einammens noch über das Wasser reichen müssen, während sie nur iejenige Länge brauchen, die der Tiefe entspricht, in welcher sie bgeschnitten werden. In England, wo man bei allen Bauconstruconen möglichst auf Holzersparung bedacht ist, hat man diesen ebelstand beseitigt. Beim Bau der Lary-Brücke bei Plymouth urden die Rostpfähle nur so lang zugeschnitten, dass sie so ben über die Grundschwellen reichten, um sie aber 7 bis 8 Fuss nter das Wasser herabzutreiben, so schnitt man, sobald sie dem Vasserspiegel mit ihren Köpfen sich näherten, dieselben conisch und stellte gusseiserne Schuhe, wie Fig. 222 im Durchschnitte eigt, genau passend darauf. Jeder Schuh hatte unten eine coische und oben eine cylindrische Höhlung und beide waren durch ie angegossene Zwischenwand von einander getrennt. Oben war in Aufsetzer von Ulmenholz, der seiner ganzen Länge nach mit ugbändern umgeben war, fest eingetrieben. Auf solche Art onnte man den Pfahl bis zur beabsichtigten Tiefe einrammen, nd nach der Beschreibung, die Rendel hiervon giebt*) wurde ie Oberfläche des Pfahles nicht nur ganz unbeschädigt erhalten, ondern es zeigte sich auch, dass die Kraft der Ramme oder die Virkung der einzelnen Schläge nicht merklich geschwächt wurde.

---

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p.* 102.

Zum Abschneiden dieser Pfähle benutzte man ferner die Ta
glocke und so leicht es auch war, in derselben die gewöh
Säge zu gebrauchen, so verursachte es doch Schwierigkei
Höhe zu bestimmen, in welcher man den Schnitt machen
weil man nur immer einen Pfahl in der Glocke fassen k
Man half sich in dieser Beziehung dadurch, dass man nac
endigung der Rammarbeit und nachdem der Aufsetzer mi
Schuh entfernt war, die Höhe der Oberfläche jedes ein
Pfahlkopfes mittelst der Peilstange genau bestimmte und d
die Länge des abzuschneidenden Theiles ermittelte. Die A
in der Glocke konnten sonach vorher angewiesen werden
wieviel Fuss und Zoll sie jeden Pfahl verkürzen sollten.

Aehnlich ist das Verfahren, welches man beim Ba
Eisenbahn-Brücken in den Niederlanden angewendet hat, u
Rostpfähle in mässiger Tiefe unter Wasser abzuschneiden
mit Zapfen zu versehn. Man stellte nämlich mittelst eines g
Kastens die wasserdichte Umschliessung jedes Pfahlkopfe
so dass man um denselben das Wasser beseitigen konnte.
solcher Kasten war 6 Fuss lang, 4 Fuss breit und 3 Fus
und im Boden mit einer Oeffnung versehn, durch welc
Pfahlkopf hineintrat. In dieser Oeffnung war ein lederner A
befestigt, der den Pfahl umschloss und aufwärts gekehrt
Man füllte den Aermel, so gut es geschehn konnte, mit
an, um einen scharfen Schluss zu bewirken und schnür
starke Leine, die schon vorher am Boden des Kastens au
war, recht fest um den Aermel. Alsdann wurde das Wass
gepumpt, aber dafür gesorgt, dass der Kasten durch and
wichte immer so weit herabgedrückt wurde, dass der
keinen starken Zug erleiden konnte. In dem Kasten lie
die Bearbeitung des Pfahlkopfes mit derselben Bequem
vornehmen, als wenn die Baugrube trocken gelegt wäre. *)

Unter den complicirteren Maschinen zum A
der Pfähle unter Wasser ist zuerst diejenige zu erwähnen,
Etheridge beim Bau der Westminster-Brücke zu London
dete. Eine Rüstung aus Schmiedeeisen, die im Allgemein
pyramidale Form hatte, wurde von oben neben dem abzuschnei

*) Försters Allgemeine Bauzeitung. 1849. Seite 100.

Pfähle herabgelassen und an denselben befestigt, während sie gleichzeitig im Hebezeuge hängen blieb. Ihre Grundfläche brachte man in diejenige Ebene, wo der Schnitt geschehn sollte. Die Säge war in ein Gatter eingespannt, das sich mittelst vier Leitstangen in einem Rahmen hin- und herschieben liess. Letzterer erhielt die Bewegung durch Leinen von der Seite, die über Rollen geführt waren und abwechselnd angezogen wurden. Um das Vorrücken der Säge gegen den Pfahl zu bewirken, war auch der ganze Rahmen, der die vier Leitstangen des Gatters umfasste, beweglich, und zwar liess er sich in einer Richtung verschieben, welche normal gegen die der Säge war. Dieser Rahmen wurde durch zwei andere Leinen, die von einem angemessenen Gewichte in Spannung erhalten wurden, immer gegen den Pfahl gepresst und sonach rückte die Säge in demselben Maasse, wie sie tiefer einschnitt, auch weiter vor. Diese Beschreibung wird von der Anordnung der Maschine im Allgemeinen einen Begriff geben, die Mittheilung der Specialien scheint aber überflüssig, da man seitdem nicht wieder davon Gebrauch gemacht hat und die ganze Aufstellung nicht besonders fest sein mochte. *)

Wichtiger ist die Maschine, welche de Cessart bei den Fundirungen in Caissons und zwar zuerst bei der Brücke zu Saumur einrichtete. **) Fig. 223 *a* und *b* stellt dieselben in der Ansicht von vorn und im Grundrisse dar. Die erste Ansicht zeigt, wie auf den Holmen der Rüstpfähle die Rollen *G* laufen, welche den Schlitten tragen. Letzterer ist mit einer Querbahn versehn, auf welcher die Rollen *H* den zweiten Schlitten tragen. An diesen ist der Apparat befestigt und kann also mit Leichtigkeit in beiden Richtungen verstellt werden. Vier Trageeisen *I*, die in Fig. *a* und *b* angedeutet sind, reichen vom Gestelle des zweiten Schlittens herab; oben sind sie mit Zähnen versehn und greifen in Getriebe. An den Axen dieser Getriebe befinden sich Räder, die durch ein zweites Getriebe und eine Kurbel verstellt werden können. Diese Vorrichtung ist an jedem der vier Trageeisen angebracht, und sonach kann man den starken eisernen Rahmen, woran die Säge

*) Eine nähere Beschreibung und Abbildung der Maschine findet man in Eytelweins prakt. Anweisung zur Wasserbauk. Heft I. Seite 68.

**) *Travaux hydrauliques. I. p.* 71 ff.

befestigt ist, beliebig heben und senken und zugleich genau
zontal einstellen. Dieser Rahmen, der gitterförmig aus
stangen gebildet und in allen Durchkreuzungen vernietet ist
in den vier Ecken mit Platten von starkem Eisenbleche b
Die vier Trageeisen können das Schwanken des Rahmens
verhindern, derselbe wird also noch gegen den abzuschnei
Pfahl befestigt und zwar geschieht dieses unterhalb der Sä
dass die Verbindung nicht gelöst wird, wenn der obere Th
Pfahles auch mit dem untern kaum noch zusammenhängt.
Umstand unterscheidet sehr vortheilhaft diese Säge von d
Bau der Westminster-Brücke angewendeten, woselbst die
gung gegen den obern Theil des Pfahles erfolgte. De
wird hier durch eine Zange gefasst, von der jeder Arm
seine Drehungsaxe befestigt ist; diese Drehungsaxen ver
sich aber bis über den Schlitten, liegen hier wieder in
und sind oben mit Hebeln versehn. Wenn sonach diese
in der passenden Richtung gedreht und alsdann recht
gebunden werden, so fasst die Zange sehr sicher den P
nimmt dadurch eine feste Stellung an, die das Schwan
Rahmens aufhebt.

Der Grundriss *b* zeigt die in einen starken Bügel eing
Säge. Um das Verständniss der Maschine zu erleichter
in den Figuren alle diejenigen Theile, die beim Hin- u
gehn der Säge in Bewegung kommen, durch Schraffir
den übrigen unterschieden. Die Säge wird geführt durch
Schlitzen versehene Bahn *L M* und erhält die abwechsel
wegung durch die beiden Hebel *N O P*, die sich um die
drehn. Die Arbeiter stehn auf dem Gerüste und schieb
stossen die Handhaben *R*, wodurch die gebrochenen Zug
R S abwechselnd nach der einen und der andern Seite
werden. Durch diese Bewegung wird das gleichseitige
verbundene Dreieck, dessen Spitze *T* nach unten gek
gleichfalls hin- und hergezogen. Der Zapfen in *T* gre
in einen vertical gerichteten Schlitz im Rahmen *U V*, und
dadurch auch diesen Rahmen vor und zurück, indem da
beiden Enden *P* der erwähnten Hebel befestigt sind, so
auch diese an der Bewegung Theil nehmen, die sich bis zu
fortsetzt.

Demnächst musste noch dafür gesorgt werden, dass die Säge
demselben Maasse, wie der Schnitt sich vertiefte, auch vor-
choben werden konnte. Dieses geschah mittelst der beiden
ahnten Räder *W*. Die Axe des einen Rades reicht, wie die
sicht der Maschine zeigt, bis über die Rüstung und ist oben
einer Kurbel *X* versehn. Sobald letztere gedreht wird, so
vegen sich auch die beiden gezahnten Stangen, in welche die
der eingreifen, gleichmässig vor und schieben die Axen *O* der
bel *P N*, sowie auch die mit Schlitzen versehene Bahn *L M*,
rin die Säge läuft, weiter vorwärts, so dass diese immer in
ches Holz schneiden kann.

Von dieser Vorrichtung hat nicht nur de Cessart mehrfach
brauch gemacht, sondern sie ist auch später bei der Brücke
nt des Arts in Paris angewendet worden. Man führte im letzten
lle nur die Abänderung ein, dass man dem gleichseitigen Drei-
e, das die Bewegung von den Zugstangen dem Rahmen *U V*
theilt, eine feste Axe und zwei horizontale Arme gab. Letztere
rden alsdann durch senkrechte Zugstangen mittelst langer Hebel,
die Kolben von Feuerspritzen, auf- und abbewegt. Diese
nderung war wohl zweckmässig, denn die gebrochenen Zug-
ngen, wie sie die Figur darstellt, dürften leicht aus der Ebene
nmen oder verbogen werden. *)

Mit der zuerst beschriebenen Säge schnitt de Cessart Anfangs
die Pfähle ungefähr 7 Fuss unter Wasser ab, beim siebenten
iler der Brücke zu Saumur wurde aber die Tiefe, in welcher
Säge wirken sollte, auf mehr als 15 Fuss unter dem Wasser-
egel bestimmt. Die Maschine verrichtete ihren Dienst mit voller
herheit und Perronet, der auf die Baustelle zur Inspection
ommen war, untersuchte die Pfahlköpfe und fand sie sämmt-
in der gehörigen Höhe abgeschnitten. De Cessart machte
rbei den Versuch, einzelne Pfähle zuerst 4 bis 5 Linien zu
h abzuschneiden, darauf aber die Säge richtig einzustellen,
l mit grosser Vorsicht in Bewegung zu setzen. Sie schnitt
dann dünne Scheiben von 2 Linien Stärke ab, welche, ohne
zerbrechen, sich lösten und an die Oberfläche des Wassers traten.

---

*) Schulz, Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur.
nigsberg 1808. S. 32 ff.

Sie gaben den deutlichsten Beweis von der Genauigkeit, womit die Säge eingestellt und in Wirksamkeit gesetzt werden konnte. Ein Pfahl von 9 bis 10 Zoll Durchmesser wurde etwa in 4 Minuten durschnitten, man konnte aber auch 18 Zoll starke Pfähle noch damit abschneiden. Das Verstellen nahm jedoch so viel Zeit fort, dass man an einem Tage nicht mehr als zwanzig Pfähle abschnitt. War die Säge einmal geschärft, so schnitt sie bis 40 Pfähle durch, ohne dass sich eine Verzögerung der Arbeit in Folge des Stumpfwerdens bemerken liess; dieses ist mehr, als man bei dem gewöhnlichen Gebrauche der Säge erreichen kann, und es erklärt sich dadurch, dass die Säge im Wasser nicht warm wird.

Die Kreissäge, welche in neuerer Zeit vielfach mit grossem Vortheile angewendet ist, hat man auch verschiedentlich als Grundsäge zu benutzen versucht: die Resultate sind jedesmal befriedigend ausgefallen, was sich wegen der einfacheren Aufstellung auch erwarten lässt. Der Rahmen, den man sonst braucht, um die Säge hin- und herzuführen, fällt dabei fort, wogegen nur die Befestigung der Axe nöthig wird, um welche die Drehung geschieht. Die Drehung erfolgt gewöhnlich durch eine Kurbel, die unmittelbar an der Axe angebracht wird, wie dieses z. B. beim Bau der Brücke zu Bordeaux geschehn ist. Da es hierbei auf grosse Geschwindigkeit der Arbeit nicht anzukommen pflegt, so möchte dieses auch immer genügen. Zuweilen hat man aber, um die Arbeit etwas zu beschleunigen und um die Kurbel bequemer bewegen zu können, letztere mit einer horizontalen Axe verbunden, die mit einem conischen Rade in ein Getriebe an der Axe der Säge eingreift. Andererseits hat man auch statt des Rades und Getriebes eine Schnur ohne Ende gewählt, wodurch sich die Anschaffungskosten etwas ermässigen. Dieses ist z. B. bei der Säge geschehn, welche beim Bau der Bauacademie in Berlin zum Abschneiden der Rostpfähle in der Tiefe von 2 Fuss unter Wasser benutzt wurde.

Dass die Kreissäge jedesmal mit einer Vorrichtung versehn sein muss, wodurch sie an den abzuschneidenden Pfahl näher herangeschoben werden kann, darf kaum erwähnt werden, und nur wenn es auf keine sorgfältige Arbeit ankommt, kann man sich damit begnügen, wie zuweilen auch wirklich geschehn ist,

nur das untere Ende der Axe, woran die Säge befestigt ist, gegen den Pfahl zu drücken. Um das regelmässige Verschieben der Axe zu bewirken, muss dieselbe an einen Rahmen befestigt sein, der bei unveränderter Lage sich vorwärts bewegt. Bei festen Rüstungen ist dieses nicht schwer zu erreichen, da man hier eine Absteifung des Rahmens in jeder Richtung vornehmen und seine Bewegung durch angebrachte Rollen oder Räder erleichtern kann. Die Axe der Säge muss ferner diejenige Länge haben, welche der grössten Tiefe entspricht, in der man noch den Schnitt ausführen will, und die Säge muss sich am äussersten Ende der Axe befinden, damit sie möglichst nahe über dem Grunde wirken kann. Damit die Axe weder bricht, noch auch sich biegt, so muss die eine der beiden Pfannen, in welchen sie sich dreht, möglichst nahe über der Säge befindlich sein. Die andere Pfanne dagegen erhält ihre passendste Stelle am obern Ende der Axe oder wenigstens nahe unter dem Rade oder der Kurbel. Auf diese Art bestimmt sich die Höhe des Rahmens, der beide Pfannen trägt, und indem es darauf ankommt, dass die Axe vertical bleibt, so muss die Länge und Breite des Rahmens auch angemessen gewählt werden, um jeder Biegung der letzteren sicher zu begegnen. Das Fortschieben des Rahmens auf der festen Rüstung erfolgt entweder durch eine Leine, welche angezogen wird, wie bei der erwähnten in Berlin benutzten Säge geschah, oder besser durch eine Schraube, wie beim Bau der Brücke zu Bordeaux, wodurch man weit regelmässigere und sanftere Bewegungen ertheilen kann. Die letzte Säge konnte 16 bis 18 Fuss unter Wasser arbeiten. Der Rahmen bestand aus einer festen Verstrebung von Schmiedeeisen, und bei dem grossen Gewichte desselben durfte man nicht befürchten, dass er durch die oben angebrachte Schraube schräge gestellt werden möchte. Da die bekannt gemachten Zeichnungen dieser Säge nicht näher erklärt sind und Manches dabei nicht ganz verständlich ist, so wird deren nähere Mittheilung hier umgangen, dafür aber als Beispiel der Aufstellung einer Kreissäge diejenige Einrichtung gewählt, welche man zum Abschneiden der Pfähle an den Uferbauten der Donau benutzt hat. Fig. 224 *a* zeigt diese Säge von der Seite. Zur Vermeidung einer besondern Rüstung, und da es hier wahrscheinlich auf eine grosse Genauigkeit nicht ankam, wurde der aus drei

schmalen Bohlenstücken zusammengesetzte und mit eisernen Bändern verbundene Rahmen AB, der die Säge trug, unmittelbar an den abzuschneidenden Pfahl befestigt. Oben geschah dieses durch umgeschlungene Ketten, die vielleicht durch zwischengetriebene Keile noch scharf angespannt wurden. Unten diente dagegen hierzu eine Zange, die der von de Cessart angewendeten ähnlich ist, sich aber durch eine veränderte Vorrichtung zum Schliessen unterscheidet. Die Zange ist, wie Fig. 224 *b* und *c* zeigt, so gebildet, dass die gekrümmten Arme, welche den Pfahl umfassen, des bessern Schlusses wegen mit Zähnen versehn sind; ferner sind die Arme rückwärts fortgesetzt, doch durchkreuzen sie sich nicht, sondern derselbe Arm, der vor dem Charniere der linkseitige ist, liegt auch hinter dem Charniere auf der linken Seite. Durch Auseinanderdrängen der hintern Fortsätze werden also die gezahnten Bügel geschlossen und man bewirkt dieses, indem man von oben eine eiserne Stange, die unten in einen passend geformten Keil ausgeht, zwischen die beiden hintern Arme treibt. Will man später die Zange öffnen, was in der Regel erst geschieht, nachdem der Pfahl bereits abgeschnitten ist und man den ganzen Sägeapparat zugleich mit dem abgeschnittenen Theile heraufgezogen hat, so befördern zwei Federn, welche die vordern Arme der Zange auseinanderdrängen, das Auslösen derselben, sobald der Keil herausgeschlagen wird.

Man hat bei dieser Säge die zweckmässige Anordnung getroffen, dass die untere Pfanne der Axe, ganz übereinstimmend mit der obern, dem Pfahle genähert werden kann, um die Säge tiefer einschneiden zu lassen. In jedem der beiden Arme des Rahmens befindet sich nämlich, wie Fig. 224 *b* zeigt, ein Schlitz, durch welchen die Axe hindurchgreift, und in den Schlitzen liegen auf eisernen Bahnen die beiden Pfannen. Letztere sind rückwärts mit entsprechenden gezahnten Stangen versehn und diese werden durch zwei Getriebe an einer gemeinschaftlichen Axe bewegt, die in Fig. 224 *a* mit CD bezeichnet ist. Sobald diese in einer oder der andern Richtung gedreht wird, so schieben sich beide Pfannen gleichmässig vor oder zurück, und theilen diese Bewegung auch der Axe EF und der Säge GH mit. *)

---

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1836. Stück No. 17.

Ein Umstand, welcher der Anwendung der Kreissäge häufig sehr hindernd entgegentritt, ist die Schwierigkeit, ein Sägeblatt von der erforderlichen Grösse zu erhalten, welches hinreichend genau gearbeitet und zugleich steif und fest ist. Will man Pfähle von etwa 1 Fuss Durchmesser durchschneiden, so muss die Kreissäge schon gegen 4 Fuss gross sein, da die Scheibe, worauf sie befestigt wird, den Pfahl nicht berühren darf; man hat sie oft in diesem Durchmesser dargestelllt, was namentlich bei der Fig. 224 gezeichneten Säge und bei der, die man bei Bordeaux anwendete, der Fall war. Die Säge, die man in Berlin aufstellte, hielt dagegen nur 3 Fuss im Durchmesser, war aber zu klein, um einen Pfahl mit einem Male durchzuschneiden. Man musste von einer Seite anfangen und sobald der Rand der Platte das Holz berührte, den ganzen Rahmen um den Pfahl herumschieben und umdrehn und alsdann von der andern Seite die Arbeit beginnen, um den Schnitt vollständig auszuführen. Wenn der Gebrauch der Säge in dieser Art erschwert wird, so kann man kaum einen Vortheil von ihrer Anwendung noch erwarten. Geht man indessen von dem bereits erwähnten Grundsatze aus, dass es bei der Grundsäge auf Kraftersparung nicht ankommt, da bei ihrem seltenen Gebrauche es sehr gleichgültig ist, ob vier oder acht Mann die Säge in Bewegung setzen, vielmehr die Hauptbedingung darin besteht, dass sie genau und unabhängig von allen Zufälligkeiten arbeitet, so darf man sich nicht mehr bemühen, einen recht feinen Schnitt, wie in andern Fällen erforderlich ist, auch hier darzustellen. Man kann die Säge ohne Nachtheil mit recht grossen und stark geschränkten Zähnen versehn und dadurch dem Schnitte eine solche Breite geben, dass die eisernen Schienen oder Platten, welche zur Absteifung oder auch wohl zur Zusammensetzung des Sägeblattes erforderlich sind, sich noch ohne das Holz zu berühren in den Schnitt hineinschieben. In diesem Falle würde eine Kreissäge einen Pfahl noch durchschneiden können, der den dritten Theil und vielleicht nahe die Hälfte ihres eignen Durchmessers zum Durchmesser hätte. Wahrscheinlich könnte man aber auch, wenn man der Säge eine grössere Geschwindigkeit gäbe und sie recht behutsam vordringen liesse, das unmittelbare Aufeinanderfolgen der Zähne ganz vermeiden und vielmehr schon durch wenige einzelne Zähne den Schnitt darstellen, in ähnlicher

Art, wie man in den Maschinenbauanstalten zuweilen e
Zähne statt der Fraisen anwendet. Giebt man der Säge in
Art nur eine geringe Anzahl von Zähnen, so lassen sich d
sehr genau und fest einstellen, so dass die Arbeit, des
Schnittes unerachtet, dennoch mit grosser Schärfe auszufü
Hierbei wird freilich eine grössere Betriebskraft erfordert
ders wenn eine starke Geschwindigkeit sich in diesem F
nothwendig herausstellen sollte; nichts desto weniger wir
immer als einen Gewinn betrachten müssen, eine Arbeit
den allerschwierigsten und bedenklichsten gezählt werde
mit voller Sicherheit ausführen zu können.

Endlich muss bemerkt werden, dass das Princip d
säge auch auf eine andere noch einfachere Art für die G
sich benutzen lässt. Der Vorzug der Kreissäge vor der
lichen Säge besteht darin, dass man die Drehung um
Axe statt des Hin- und Herschiebens auf einer Bahn
Man vermeidet dadurch die schwierige Einrichtung der
so wie auch das Klemmen, Reiben und Schlottern, w
Bahnen, namentlich wenn man sie nicht immer untersuc
auch vor Stössen und andern Beschädigungen gehöri
kann, leicht zu zeigen pflegen. Zur Erreichung dieses
ist es aber keineswegs nothwendig, dass die Drehung
brochen in derselben Richtung erfolgt, vielmehr kann
diesem Falle die Säge sich hin- und herbewegen und
um die feste Axe schwingen. Man braucht also von
nur zwei Arme ausgehn zu lassen, die etwa einen Wi
60 Graden gegen einander bilden und zwischen diese,
den Rahmen einer gewöhnlichen Säge, das Blatt zu
Dieses Blatt darf aber an seiner vordern Seite, wo d
sich befinden, nicht durch eine gerade Linie begrenzt
vielmehr muss es hier einen Kreisbogen bilden, der die D
axe zum Mittelpunkte hat. Auf solche Art würde die S
keit in der Beschaffung einer grossen Kreissäge und zu
begränzte Tiefe des Schnittes leicht vermieden werden,
Bewegung einer Säge dieser Art würde sich noch dadu
vereinfachen, dass die Arbeiter nur die Kurbel am ob
der Axe hin- und herschieben dürften. Es ist nicht
dass man auf solche Art eine Grundsäge zusammenzuse

uch gemacht hat *), hierbei scheinen jedoch so viele Vor-
e einzutreten, dass man hoffen dürfte, dadurch die wohl-
te und bequemste Grundsäge darzustellen, die auch mit
er Schärfe arbeiten würde.

§. 42.

Ausziehn der Pfähle.

Häufig trifft es sich, dass an der Stelle, wo eine Fundirung
geführt werden soll, alte Pfähle bereits im Grunde stecken,
man zuerst entfernen muss, andrerseits sind auch zuweilen
nd- oder Spitzpfähle, die beim Einrammen nicht gehörig
ringen, wieder fortzuschaffen, und endlich werden manche
ile und namentlich die Rüstpfähle und die der Fangedämme
bis zur Beendigung der Fundirung oder des ganzen Baues
raucht, und müssen später beseitigt werden. Aus diesen
chiedenen Gründen wiederholt sich häufig das Bedürfniss, die
erammten Pfähle wieder auszuziehn, und gemeinhin ist die-
nicht nur an sich sehr schwierig und erfordert einen starken
närts gerichteten Zug, sondern es tritt noch der Uebelstand
i ein, dass die festen Stützpunkte oft schwer zu beschaffen
. Das gewöhnlichste und einfachste und sonach das beste
el besteht in der Anwendung eines starken und schweren
els, wozu man entweder einen Pfahl oder einen Balken be-
t. Zuweilen hat man indessen auch von andern mechani-
n Vorrichtungen zu demselben Zwecke Gebrauch gemacht.
diesen soll zuerst die Rede sein.

Beim Hafenbau zu Hull stellte man über die Pfähle der
tungen und Fangedämme, die man ausziehn wollte, einen
k, woran mehrere Flaschenzüge hingen, deren untere
ke an den Pfahl befestigt waren. Die darin eingeschornen
e wurden durch Erdwinden angezogen, und es war bei
chen Pfählen erforderlich, vier solcher Winden anzubringen,

*) In der neuen Ausgabe von Sganzin's *Programmes* ist Taf. 35
216 eine Zeichnung mitgetheilt, die mit dem hier gemachten
chlage zusammenzuhängen scheint, doch enthält dieselbe Figur
eich eine vollständige Kreissäge und jede Beschreibung fehlt.

deren jede mit vier Mann besetzt war: der Widerstand eines solchen Pfahles wurde daher auf 15 bis 20 Tons oder 30000 bis 40000 Pfund geschätzt. *) Dabei ist freilich die Reibung unbeachtet geblieben, die namentlich beim Flaschenzuge sehr stark ist; nichts desto weniger kann man aber annehmen, dass der erforderliche Zug, um einen Pfahl zu heben, sich dem Werthe seiner Tragfähigkeit nähert. Bei weichem und zähem Boden mögen beide nicht sehr verschieden sein.

Demnächst hat man die Schraube zu demselben Zwecke benutzt, schon Bélidor schlägt sie vor, und räth die Einrichtung so zu treffen, dass die um den Pfahl geschlungene Kette an einen Wirbel am untern Ende der Schraubenspindel befestigt wird, während auf einer festen Rüstung die Schraubenmutter lose aufliegt, und durch vier Hebel wie eine Erdwinde gedreht wird. **) Bélidor bemerkt auch, dass man diese Vorrichtung auf Fahrzeuge stellen und auf solche Art die im Wasser stehenden Rüst- und andere Pfähle leicht entfernen kann. Die grosse Reibung, welche die Schraube jederzeit erfährt, möchte indessen bei fest eingerammten Pfählen kaum diesen Apparat als hinreichend wirksam erscheinen lassen. Nichts desto weniger ist bei den eben erwähnten Hafenbauten in Hull hiervon gleichfalls Gebrauch gemacht worden und zwar bei Gelegenheit einer Spundwand. Die eiserne Schraube hatte dabei eine Stärke von 4 Zoll und übte zuweilen einen Zug aus, den man auf 18 Tons oder 36000 Pfund schätzte. Einige Pfähle liessen sich jedoch durch dieses Mittel allein nicht heben und es gelang erst, sie in Bewegung zu setzen, nachdem eine bedeutende Vertiefung durch Baggern dargestellt war. Der Boden bestand hier aus reinem Sande.

Ferner hat man auch versucht, die Kette oder das Tau, woran der Pfahl befestigt ist, unmittelbar über eine horizontale Winde zu schlingen, welche durch irgend eine mechanische Vorrichtung gedreht wird. Eine solche Maschine beschreibt schon Perronet bei Gelegenheit der Brücke zu Orleans: es war nämlich eine hölzerne Welle auf einer einfachen Rüstung über

---

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p.* 45.
**) *Architecture hydraulique. Vol. III. p.* 120.

Pfähle angebracht und ein Durchsteckarm darin wurde mit-
eines Taues an seinem äussern Ende mit einer zweiten
chen Welle an derselben Rüstung verbunden. Letztere er-
durch andere Durchsteckarme wieder ihre Bewegung. Es
ar, dass hiermit keine grosse Kraft entwickelt werden kann,
wenn man dieselbe auch durch Verlängerung der Arme oder
cht dadurch verstärken wollte, dass man noch mehrere
ichen Wellen hinter einander legte, so hat der ganze Ap-
doch nicht die erforderliche Festigkeit, indem die hölzernen
n bei dem kräftigen Zuge, den ein fest eingerammter Pfahl
ert, leicht nachgeben und brechen oder auf andre Art lei-
Perronet machte hiervon auch nur Gebrauch, um die Pfähle
angedämme zu entfernen, die nicht besonders fest einge-
waren. Sehr ähnlich dem beschriebenen Apparate ist
ige, dessen man sich bei den Hafenbauten vor Amsterdam
te, um die alten im Grunde steckenden Rostpfähle heraus-
sen. Auf das vordere Ende eines Fahrzeuges war eine
von 3 Fuss Durchmesser aufgestellt, um welche das
das an den Pfahl befestigt wurde, umgeschlungen war.
Winde hatte 6 Löcher zum Einsetzen von Hebeln. Ein
wurde in das passende Loch gesteckt und von seinem
n Ende ging eine Leine über einen Fussblock nach einer
nde, die auf dem Verdeck des Fahrzeuges stand, und
vier Mann in Bewegung gesetzt wurde.*) Es ist wohl
anzunehmen, dass die Pfähle, die man hiermit entfernte,
n Widerstand leisteten, wie überhaupt in Holland die Pfähle
sonders fest eingerammt werden.

Endlich hat man zuweilen die hydraulische Presse
usziehn der Pfähle benutzt; dieses geschah z. B. beim
er Waterloo-Brücke. Man stellte die Presse oder viel-
den Cylinder, worin der grössere Kolben befindlich ist,
ne feste Rüstung und stützte einen starken Hebel aus
Balken bestehend mit seinem Ende gegen den erwähnten
n. Das andere Ende des Hebels bildete den Drehpunkt

---

*) Henz, der Hafen von Amsterdam, in den Verhandlungen des
bevereins in Preussen. 1832. S. 179.

und um seine Mitte wurde die Kette geschlungen, we
den auszuziehenden Pfahl befestigt war. *)

Die einfachste und gewöhnlichste Vorrichtung zum
der Pfähle besteht, wie bereits erwähnt worden, in der
dung des **Hebels** oder des **Wuchtbaumes**. Derselb
Aeusserung eines sehr kräftigen Zuges vollkommen gee
bei gehöriger Einrichtung und Benutzung dürfte er fü
die besonders fest eingerammt sind, sich vorzugsweise
Bei den Bohlwerksbauten in Pillau und namentlich bei
sogenannten hohen Bohlwerkes, das die Stadt gegen
schützt, war das Ausziehn der alten Pfähle, wenn m
einrammen wollte, häufig nothwendig, indem der Grund
weise so unrein war, dass man neben einen alten P
neuen gar nicht hineinbringen konnte. Diese Pfähle
aber jederzeit sehr tief eingerammt werden, indem zuw
deutende Auskolkungen hier eintraten, welche den Ein
ganzen Bohlwerkes zur Folge haben konnten, wenn di
darunter nicht ihren festen Stand noch behalten hätten.
Pfähle hatten eine Länge von 50 bis 60 Fuss und stec
meinhin über 30 Fuss tief im Grunde. Das Ausziehn d
war mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden, und
Mittel, die man früher hierzu anzuwenden pflegte, se
mit denen übereinstimmen, welche man gewöhnlich ben
will ich mit ihrer Beschreibung den Anfang machen.

Ein starker Pfahl wird an seinem Stammende etwa au
Länge an einer Seite behauen und eine starke eichen
darauf genagelt; diese dient dazu, um das Rollen des
zu verhindern und um ihn zugleich vor starken Beschädi
zu sichern, denen er beim Drehn um Brechstangen oder
scharfen Kanten von Balken ausgesetzt sein würde. Den
punkt sucht man möglichst nahe an den auszuziehend
zu verlegen; er wird gebildet durch einen Balken, der au
auf andern eingerammten Pfählen ruht. Häufig muss m
aber damit begnügen, den Balken nur durch Absteifu
Unterfütterung möglichst zu sichern. Die Arbeit ist um so
riger, je loser die Unterlage ist, und bei grosser Elastic

*) Davy, *Constructive Manual. I. p. 72.*

‑en wird es beinahe unmöglich, den Pfahl noch auszuziehn. den hintern oder längern Hebelsarm, also das Wipfelende Pfahles, zu erheben, wird ein dreibeiniger Bock darüber- tellt, woran ein Flaschenzug befestigt ist. Wenn hierdurch kürzere Hebelsarm möglichst tief gesenkt ist, so verbindet denselben mit dem Kopfe des auszuziehenden Pfahles. Man s sich, wenn die Pfähle nicht ganz lose im Grunde stecken, zu einer starken Kette bedienen, denn ein Tau leidet dabei ils zu viel, theils aber ist seine Elasticität auch der ganzen ration sehr hinderlich und jedenfalls müsste es einen sehr eutenden Durchmesser haben, wenn man es mit einiger Sicher- t anwenden wollte. Beim Anstecken der Kette kommt es dar- f an, dieselbe sogleich in eine möglichst starke Spannung zu setzen, denn wenn man dieses versäumt, so fängt der Hebel sich zu senken und erreicht vielleicht den Erdboden, ohne f das Heben des Pfahles gewirkt zu haben, indem er nur die tte stärker anspannte. Die Kette wird meist nur durch mehr- liges Umschlingen an den Wuchtbaum befestigt. An ihrem dern Ende befindet sich dagegen ein Ring, durch den man hindurchzieht, und auf diese Art eine Schlinge bildet. Letz- e streift man auf den Kopf des Pfahles, stösst sie recht fest Brechstangen nieder, und um ein Wiederaufziehn zu ver- dern, werden Bolzen oder zugeschärfte Brechstangen davor chlagen. Ist Alles auf solche Art vorbereitet, so lässt man Wuchtbaum herabsinken. Hierbei zeigen sich fast jedes- mancherlei Uebelstände: zunächst setzt sich gewöhnlich der chtbaum, der Anfangs sehr schräge hängt, in eine gleitende wegung und rückt dem Pfahle näher. Dadurch verlängert der kürzere Hebelsarm und der Zug vermindert sich häufig die Hälfte. Diese Bewegung hat zugleich noch die üble ge, dass der Balken, um welchen der Wuchtbaum sich drehn l, verschoben und nicht selten herabgeworfen wird. Beides für die in der Nähe stehenden Arbeiter sehr gefährlich. Der uchtbaum pflegt ferner und besonders bei der ersten Hebung h nicht lange schwebend zu erhalten, denn die Kette, die h überall an das Holz scharf anlegt, auch wohl stellenweise h darin eindrückt, giebt so viel nach, dass der kürzere Arm h heben und der längere bis zum Boden herabfallen kann.

Der erste Versuch hat also gewöhnlich auf den eig
Zweck gar nicht hingewirkt und nur dazu gedient, die
den Wuchtbaum und besonders in den Pfahl einzudrück
wiederholt alsdann dieselbe Operation: der Wuchtbaum
erst zurückgeschoben, sodann gehoben und sobald d
schehn, sucht man die Kette wieder zu spannen. D
erscheint am leichtesten, wenn man die Vorsteckbolzen
Pfahle herausschlägt und mit Brechstangen die Kette v
recht tief herabstösst und sie wieder durch die Bolzen
sichert. Das Resultat dieses zweiten Versuches ist g
noch ganz dasselbe, wie das erste Mal. Die Kette fa
lich in dem Pfahle frisches Holz, welches sie wieder st
primirt, und so wiederholt sich nicht selten derselbe Erf
mal und wohl noch öfter, bis es endlich gelingt, einen
Widerstand zu erreichen, dass die Kette nicht mehr n
kann und der ganze Zug, den der Wuchtbaum ausz
Stande ist, wirklich auf das Heben des Pfahles wirkt.

Wenn der Wuchtbaum auf solche Art endlich in W
keit tritt, so zeigt es sich oft, dass der Zug nicht gen
den Pfahl herauszureissen. Alsdann steigen einige Arb
den Wuchtbaum, andere werfen Taue herum und ziehn ih
meist bleibt es auch nicht bei diesem gleichförmigen Zu
dern unter lautem Gesange bemühn sich beide Theile de
schaft, den Wuchtbaum in heftiges Schwanken zu verse
seinen Effect dadurch zu verstärken. Sind die Arbeiter
wie dieses in Pillau gemeinhin der Fall war, so ist di
hierbei, selbst wenn zufällig etwas brechen sollte, nich
scheinlich; ich habe mehrmals hierbei die Kette reiss
die ganze Rüstung zusammenstürzen sehn, ohne dass
ein einziger Arbeiter sich im mindesten beschädigt hätt
muss aber jede Veranlassung vermeiden, dass die Leut
auch aus eignem Antriebe, sich auf der Baustelle eine
aussetzen, und eine solche ist hierbei nicht ganz in
zu stellen.

Schon aus diesem Grunde musste der Apparat a
werden, dazu kam aber noch, dass der grösste Theil
verwendeten Kraft unbenutzt verloren ging, und endlich
die Vorrichtung auch nicht, um diejenigen Pfähle hera

elche recht fest im Grunde steckten. Man musste jedes-
hrere derselben stehn lassen, weil alle Versuche, sie zu
missglückten. Es waren hierbei gemeinhin achtzehn Mann
llt, vierzehn derselben zogen den Wuchtbaum auf, indem
ne vom Flaschenzuge durch einen Block am Fusse des
gezogen war; zwei Arbeiter standen auf dem vor dem
schwimmenden Flosse und schlugen die Ketten herab und
ten die Vorsteckbolzen, und endlich sorgten zwei Mann,
r ein Zimmergeselle war, für die gehörige Lage des
aumes. Diese starke Mannschaft konnte durchschnittlich
n Pfählen am hohen Bohlwerke täglich nur 2½ Stück
iehn, woher diese Arbeit sehr kostbar war. Das Arbeits-
it Einschluss der Kosten für Tauwerk u. dergl. betrug
ei Drittel von dem für das Einrammen der Pfähle.
Aenderungen, die ich hierbei einführte, sind in Fig. 225
llt. Zunächst ist der Wuchtstuhl oder die Unterlage
hnen, auf welche die Drehungsaxe für den Wuchtbaum
wurde. Dieser Stuhl ist in der erwähnten Figur durch
affirung markirt und Fig. 226 zeigt ihn in der Ansicht
n. Er besteht aus einem durch Schraubenbolzen ver-
n Rahmen aus Eichenholz, der sich theils leichter und
unterstützen lässt, als ein einzelner Balken, der aber
ich mit Sicherheit die eiserne Axe trägt, um welche die
des Wuchtbaumes erfolgt.
r Wuchtbaum selbst bestand aus einem dreizehnzölli-
ken von Kiefernholz, dessen Länge 35 Fuss betrug, und
doppelten Pfannen versehn war, damit die Drehungsaxe
t werden konnte. Diese Pfannen wurden gebildet durch
Schienen, die unten gabelförmig gespalten waren, und
ungsaxe umfassten. Sie waren durch je zwei Schrauben-
nit dem Wuchtbaume verbunden. Ihre Entfernung vom
s Wuchtbaumes betrug 1 und 2 Fuss. Die Drehungs-
de in die vorderen Pfannen eingebracht, wenn der Pfahl
hr fest im Grunde steckte; in diesem Falle übte der
um an sich schon einen Zug von 28500 Pfund aus,
n aber an sein hinteres Ende einen Rammklotz von
ner, so verdoppelte sich der Zug und konnte durch noch
Gewichte sogar verdreifacht werden. Sobald aber der

Pfahl sich etwa um einen Fuss gehoben hatte, so ve
sich schon merklich der Widerstand, wie man am schne
ken des Wuchtbaumes wahrnehmen konnte; alsdann w
letztere so weit verschoben, dass die Axe nunmehr in d
Pfanne traf und daher bei jedem Zuge der Pfahl noc
so hoch stieg, wie früher.

Das Heben des Wuchtbaumes erfolgte mitt
Erdwinde. Das daran befestigte Tau lief über einen F
und über eine eiserne Scheibe, die am dreibeinigen Bo
nach dem hintern Ende des Wuchtbaumes. Drei Mann
bei dieser Anordnung den letztern heben, und wenn si
eines Hemmtaues die Erdwinde festgestellt hatten, so
auch die an einen Flaschenzug befestigte grosse Ket
auf den Wuchtbaum. Bei Aufstellung des Bockes, w
Wuchtbaum gehoben wird, muss man darauf aufmerks
dass die verlängerte Richtung des Taues, woran der
baum hängt, bei allen Stellungen des letztern immer i
der Verbindungslinien zwischen den drei Füssen des
bleibt. Im entgegengesetzten Falle würde der Bock i
gung kommen, oder wohl gar umstürzen. Ferner m
jenige Fuss des Bockes, woran der Fussblock befestig
die Erde etwas versenkt werden, weil er sonst beim
Zuge der Erdwinde fortgerissen würde. Bei jedem
Pfahle, den man mit diesem Apparate auszieht, muss de
stuhl, sowie auch der Bock verstellt werden, dagegen k
die Erdwinde häufig längere Zeit hindurch unveränd
lassen und sich mit dem Bocke so weit davon entfer
die Länge des Taues dieses zulässt.

Der wichtigste Punkt in der Zusammenstellung de
Apparates ist die Befestigung der Kette, und zw
sowohl am Pfahle als am Wuchtbaume. Jedenfalls m
gesorgt werden, dass die Kette nicht immer nachgiebt
durch den Effect des einzelnen Zuges schwächt und
vernichtet. Hiernach stellte sich die Bedingung, dass
festigung am Pfahlkopfe nicht jedesmal auf eine and
übertragen werden durfte, vielmehr die Kette hier, so
möglich ganz unverändert blieb, also nur an einer einzi
das Holz comprimirte. Wie stark diese Compression

daran zu erkennen, dass beim ersten Herabsinken des
htbaumes, wobei nur die Kette angespannt wurde, gewöhn-
aus dem anscheinend ganz trockenen Pfahlkopfe eine grosse
ge Wasser ausgedrückt wurde. Die Kette war am untern
mit einem Ringe versehn, durch welchen wieder eine
nge gebildet wurde; diese liess man über den Kopf des
les gleiten, stiess sie, nachdem der Wuchtbaum gehoben
fest herab und schlug zwei Spitzbolzen zu ihrer Haltung
n Pfahl hinein. Der eine Bolzen musste verhindern, dass
Kette nicht etwa längs dem Pfahle herauf gezogen werden
te, und der andere hielt die Schlinge gespannt, sobald der
htbaum wieder gehoben wurde, da sie ohne weitere Befesti-
, vermöge ihres grossen Gewichtes sich von selbst löste.
eine einfachere Befestigung der Kette gegen den Pfahl dar-
llen, versuchte ich hierzu einen Ring zu benutzen, wie
er auch sonst angewendet ist; ich gab ihm die Form, die
227 zeigt. Der Ring ist nämlich oben und unten mit einem
en Dorne versehn, der in den Pfahl hineindringt. Ein
er Ring lässt sich leicht befestigen und ist auch leicht los-
lagen. Dabei zeigen sich aber bedeutende Uebelstände,
die Pfähle sehr verschiedene Durchmesser haben. Der
musste nämlich so gross sein, dass er noch auf die stärk-
Pfähle aufgezogen werden konnte, bei schwächern Pfählen
besonders wenn sie durch den Einfluss des Wassers und
uft schon sehr mürbe geworden waren, drückte er sich
nn so tief ein, dass er eine Stellung einnahm, die sich der
echten schon sehr näherte und in diesem Falle war er gar
zu halten: er glitt sogleich herauf und brach häufig den
des Pfahles ab. Aus diesen Gründen fand ich es zweck-
iger, die Kette unmittelbar umzulegen. In andern Fällen,
ie Pfähle von gleicher Stärke sind, man also dem Ringe
assende Grösse geben kann, dürfte seine Anwendung vor-
aft sein.

Das gehörige Nachziehn und Anspannen der Kette, welches
jedem einzelnen Zuge erfolgen muss, konnte hiernach nur
den Wuchtbaum geschehn, und ich wählte dazu eine Ein-
ng, welche derjenigen Kette entsprach, die ich im Inven-
n vorfand. Dabei drückte die Kette sich freilich wieder

tief in den Pfahl ein, doch geschah dieses nur beim erste[n]
des Wuchtbaumes, später gab sie nicht mehr nach und d[ie]
festigung ihres obern Endes war so sicher und sie selbst
so scharf gespannt werden, dass der Druck des Hebel[s]
ständig auf das Heben des Pfahles hinwirkte. Ein Ueb[el]
war nur der, dass häufig der Vorsteckbolzen sich krümm[te]
sich bei der Beschaffenheit der Kette nicht vermeiden lie[ss]
doch keinen andern Nachtheil veranlasste, als dass ma[n]
rere Bolzen brauchte, die häufig nach der Schmiede g[...]
und gerade gemacht werden mussten. Die Kette war seh[r]
mässig und sauber gearbeitet, 24 Fuss lang und hatte ell[...]
Glieder ohne Steg. Jedes derselben war im äussern U[...]
6 Zoll lang und 4½ Zoll breit, die Stärke des cylin[...]
Eisenstabes, aus dem sie geformt war, betrug 1⅛ Zo[ll]
Länge der elliptischen Oeffnung im einzelnen Gliede maass[...]
und indem die beiden nächsten Glieder hindurchgriffen, [...]
dete sich in jedem einzelnen, sobald die Kette angespann[t]
ein freier Raum von 1¾ Zoll Länge, doch konnte man
nicht ganz für den Durchsteckbolzen benutzen, da we[...]
⅛ Zoll Spielraum gelassen werden musste. Hiernach b[...]
sich die Stärke des Durchsteckbolzens, der die Kette halte[...]
auf 1⅝ Zoll, was nur nothdürftig genügte und wodurch d[...]
fache Verbiegen verursacht wurde. Diese freien Oeffnu[ngen]
der Kette waren 4⅞ Zoll von einander entfernt; wenn m[...]
für den Durchsteckbolzen nur eine einzige Oeffnung da[...]
hätte, so würde man zuweilen gezwungen gewesen se[in]
Kette, nachdem sie eingespannt worden, noch 4⅞ Zoll [...]
zuziehn, ehe sie auf den Pfahl wirken konnte. Diese[r]
raum war jedenfalls zu gross, er konnte aber verminde[rt wer-]
den, sobald mehrere Befestigungsstellen für den Durchstec[kbolzen]
vorgerichtet wurden, von denen eine oder die andere [...]
Ich wählte deren drei, welche, wie die Figur zeigt, [...]
von einander entfernt waren. Es ist hier ein ähnliches [...]
wie bei den Nonien, in Anwendung gebracht, die doppe[lte Ent-]
fernung der Oeffnungen in der Kette ist in drei Theile [...]
und da von den vier Theilungspunkten die beiden äusse[rn]
gleiche Stellung gegen die Theilung der Kette haben, s[...]
einer derselben fortfallen. Auf diese Art war es mögl[ich]

die Kette von 2⅜ zu 2⅜ Zoll zu verkürzen, und dieser
n war die grösste Länge, um welche die Kette sich
nken des Hebels verlängert haben würde. Fig. 228
se Anordnung: zwei hochkantige Schienen von ¾ Zoll
ind mittelst drei Bolzen an den Wuchtbaum sehr sicher
, und stehn so weit von einander ab, dass die Kette
en frei durchgezogen werden kann. In ihnen sind die
n drei Oeffnungen für den Durchsteckbolzen angebracht.
nit die Kette nicht etwa vom Wuchtbaume herabgleitet,
h in den kürzeren Hebelsarm nicht stark eindrückt,
dieselben Figuren zeigen, am Kopfe des Wuchtbaumes
chnitt gemacht, der eine cylindrisch geformte vertiefte
det, die mit einem starken Eisenbleche ausgefüttert ist.
angt dadurch den Vortheil, dass die Kette eine leichtere
g erhält; ihr Gewicht ist indessen so gross, dass sie
r Hand durch einen oder wenige Arbeiter nicht bewegt,
entlich nicht heraufgezogen werden kann. Aus diesem
ist, wie Fig. 225 zeigt, noch ein Flaschenzug ange-
womit man sie, sobald der Wuchtbaum gehoben ist,
eht. Dieses geschieht durch dieselben Arbeiter, welche
winde in Bewegung setzen. Nachdem die Kette steif
, so sucht der Zimmermann, der auf dem Wuchtstuhle
d die ganze Arbeit leitet, die passende Oeffnung für den
eckbolzen aus. Ist letzterer eingebracht, so kann die
m Flaschenzuge wieder aus der Hand gelegt werden,
ss man ihr Ende festschlingen, damit der obere Theil
e nicht vom Wuchtbaume herabstürzt.

gleich die Kette auf solche Art sicher befestigt ist, so
noch nicht die erforderliche Spannung und es kann leicht
n, dass der Pfahl gegen 3 Zoll weniger hoch gehoben
ls wenn die Kette sogleich die feste Spannung gehabt
Um diesen Kraftverlust zu vermeiden, liess ich am Kopfe
chtbaumes unter die Kette noch eichene Keile von bei-
en aus einschlagen, die Fig. 225 sichtbar sind. Die-
oben den Spielraum vollständig auf und zum Beweise,
fest eingetrieben waren, diente ein Schlag mit dem
gegen die senkrecht herabhängende Kette, die nicht
durfte, sondern einen so hellen Klang geben musste,

als wenn sie ein fester Stab wäre. Sobald der Kette diese
nung ertheilt war, so übte der Wuchtbaum sogleich den
Zug auf den Pfahl aus.

Der Widerstand, welchen die Pfähle leisteten, war g
lich so gross, dass sie beim ersten Anziehn des Wucht
nur sehr langsam sich hoben, und häufig schien es, als
trotz des kräftigen Zuges, der noch durch die Beschwer
Wuchtbaumes vermehrt wurde, gar nicht zu bewegen wä
solchen Fällen versuchte ich es, sie in starke Erschütte
versetzen, doch konnte ich von diesem Mittel niemals a
den mindesten Erfolg bemerken. Auch andere Erschütt
zeigten keine Wirkung. Es bedarf kaum der Erwähnun
das Schlagen mit einer Axt gegen den Pfahl, wie
empfohlen wird, ganz zwecklos ist, aber selbst der Sto
dreissigfüssigen Balken, den ich an zwei Tauen horizon
hing, und wie einen Mauerbrecher schwingen und ge
Pfahl stossen liess, zeigte sich ganz erfolglos. Ebenso
los waren jederzeit die Schläge, die ich mit der Ramme
Kopf des Pfahles führen liess, während der Wuchtb
dauernd aufwärts zog. Dieses letzte Mittel ist mehrf
angeblich mit grossem Vortheil angewendet, ich habe
durch niemals auch nur die geringste Wirkung erreich
leicht ist es bei andern Bodenarten vortheilhafter. Perr
auf diese Art bei der Brücke zu Neuilly die Pfähle der
gen und Fangedämme heraus: es wurde am Kopfe des
zu jeder Seite ein einscheibiger Block befestigt und zw
befanden sich oben an der Ramme. Die hier einge
Leinen wurden über Winden gespannt, und während
diesen mit Hebeln die Kraft anbrachte, so liess man de
klotz auf den Pfahl herabfallen. Die ganze Anordnu
wohl, dass hierbei kein sonderlicher Widerstand zu üb
war. Bei den Hafenarbeiten zu Sables d'Olonne benutzte
nach demselben Prinzipe eine Maschine, welche aus zwei
entgegengekehrten Wuchtbäumen bestand, die beide auf
ausziehn des Pfahles wirkten, während zwischen ihnen di
befindlich war, womit man den Pfahl von oben schlagen

*) Gauthey, *Traité de la construction des Ponts. II*

klärt die Wirksamkeit des Schlages auf das Ausziehn
adurch, dass die eisernen Pfahlschuhe oxydiren, was
bei der Berührung mit Seewasser bald erfolgt, und
die Sand- und Kiestheilchen in der Umgebung mit
len, woher die Pfähle in diesem Falle auch zuweilen
lklumpen heraufbringen sollen. Diese Erscheinung
lings statt, doch waren die Stücke Conglomerat, die
Pfahlschuhen heraufkommen sah, immer nur einige
gross und konnten keinen merklichen Widerstand
. Wenn das Rammen nur dazu dienen soll, solche
assen zu zerbrechen oder zu lösen, so wird es bei
n Pfählen auch wenig Erfolg haben. Ich habe im-
en, dass der dauernde Zug viel wirksamer ist,
schütterungen, die man anbringen mochte: wenn der
Wuchtbaume nicht gleich gehoben wurde und selbst
gen Hebelsarme aufgehissten Gewichte nichts fruchte-
ch ich, wenn es möglich war, die Arbeit sogleich ab
ftigte die Leute anderweitig, während der Wuchtbaum
n kräftigen Zug ausübte. Wenn dagegen eine solche
ng nicht füglich eintreten konnte, so liess ich den
an andere Pfähle schieben, und bevor die Arbeit
aufhörte, wurde noch der Zug gegen den ersten
stellt. Der Erfolg war jedesmal der, dass der Wucht-
ächsten Morgen sich bis zum Boden gesenkt und den
s gehoben hatte, und diese Bewegung war niemals
ngetreten, sondern ganz unmerklich. Schon bei Ge-
es Rammens ist erwähnt worden, dass in jedem Bo-
einigermaassen die Eigenschaften eines dickflüssigen
t, der dauernde todte Druck weit wirksamer ist, als
Am wenigsten sollte man dieses noch beim Sande
da ich es aber auch hier bestätigt gefunden habe, so
den Nutzen der Erschütterungen überhaupt bezweifeln.
dieses Mittel, um nicht müssig dem langsamen Er-
gensehn zu dürfen, und wenn vielleicht ganz unab-
i dieser Beihülfe die Bewegung endlich eintritt, so
neigt zu glauben, dass sie hierdurch veranlasst wurde.
der Pfahl sich etwas gehoben hat und der Wuchtbaum
ei jedem Zuge schnell herabzusinken, so verstellt man

den Wuchtbaum, so dass die Drehungsaxe in die hintern Pfannen kommt, oder dass der kürzere Hebelsarm sich auf 2 Fuss verlängert. Alsdann erfolgt das Aufsteigen des Pfahles schneller, und wenn endlich auch in diesem Falle wieder der Wuchtbaum mit grosser Geschwindigkeit niedersinkt, so wird die schwere Kette ganz fortgenommen und eine leichtere Kette am Pfahle und am untern Blocke des Flaschenzuges, der auf dem Wuchtbaume liegt, befestigt und die Arbeiter ziehn den Pfahl vollends aus dem Grunde, bis er auf dem Wasser frei schwimmt.

Es waren bei diesem Wuchtbaume im Ganzen sechs Mann mit Einschluss eines Zimmergesellen angestellt, nämlich drei Mann an der Erdwinde, ein Arbeiter stand auf dem Flosse und hatte dafür zu sorgen, dass die Kette sich nicht vom Pfahle löste, und der fünfte nebst dem Zimmermanne standen auf dem Wuchtstuhle; diese trieben die Keile ein, versetzten die Vorsteckbolzen u. dergl. Der Arbeiter auf dem Flosse konnte, sobald die Schlinge der Kette sich recht fest gezogen hatte, noch zur Hülfe der andern Arbeiter an die Winde gehn. Auf diese Art wurden von den schwersten Pfählen täglich durchschnittlich 4 Stück gehoben, und die Aenderung des Apparates hatte die Folge, dass nicht nur die Anzahl der dabei beschäftigten Arbeiter auf den dritten Theil vermindert, sondern ausserdem noch die Arbeit beschleunigt wurde. An den Bohlwerken der beiden Hafen-Bassins hatte man bei früheren Reparaturen und Neubauten die alten Pfähle immer im Grunde stecken lassen, weil das Ausziehn derselben zu kostbar war. Mit diesem veränderten Wuchtbaume boten jedoch die Pfähle, die hier nur 36 Fuss lang waren, so wenig Widerstand, dass sie beim ersten Einstellen sogleich willig folgten; wenn daher wegen ungünstiger Witterung eine andere Arbeit unterbrochen wurde, oder sonst auf einige Zeit ein Theil der Tagelöhner nicht gehörig beschäftigt werden konnte, so stellte ich sie an den Wuchtbaum, und liess sie diese alten Pfähle ausziehn. Sie hoben an einem Tage 8 bis 12 Stück derselben und es wurde dadurch nicht nur der Hafen gereinigt, sondern noch eine Menge Holz gewonnen, welches zwar weicher als das frische Holz war, aber dennoch zu allen Rüstungen und vielen andern Zwecken mit Vortheil verbraucht werden konnte.

In der vorstehenden Beschreibung ist der **Erdwinde** gedacht worden; da dieselbe eine sehr kräftige, leicht darzustellende und leicht zu transportirende Maschine ist, welche auf den Baustellen vielfach angewendet werden kann, so dürfte ihre Beschreibung hier angemessen sein. Fig. 229 *a* und *b* zeigt sie in der Ansicht von der Seite und im Grundrisse; in dem Grundrisse ist die Spindel oder die senkrechte Welle herausgenommen gedacht, die in Fig. 229 *a* gezeichnet ist. Die Zusammensetzung des Rahmens zeigen die Figuren: man lässt zuweilen die beiden Schwellen auf der dem Zuge entgegengesetzten Seite sich in eine Spitze vereinigen und überblattet sie hier, wodurch der Rahmen noch etwas mehr Festigkeit erhält. Der Zug, der durch die Richtung des Taues bestimmt wird, entfernt sich zuweilen bis 2 Fuss oder auch wohl noch mehr von dem Boden, und es entsteht alsdann die Gefahr, dass die beiden Stiele unten herausgerissen und um das untere Ende der Streben gedreht werden möchten; deshalb ist es vortheilhaft, gekröpfte eiserne Schienen gegen die Stiele zu nageln und um die Schwellen zu legen, oder diese Schienen unten in Bolzen ausgehn zu lassen, welche durch die Schwelle hindurchgreifen und hier mit Schraubenmuttern gehalten oder verniethet werden. Die Befestigung geschieht sonst in allen Theilen nur mit starken Nägeln, und wo eine Bohle gegen die andere genagelt ist, wird die Spitze des Nagels angekniffen, eine Niethscheibe aufgesetzt und darin der Nagel breit geschlagen. Verbindungen dieser Art sind beim Schiffsbau ganz gewöhnlich, und wie die Erfahrung lehrt, sehr fest und dauerhaft. Die Spindel steht mit dem untern Zapfen in einem Zapfenloche des mittlern untern Riegels, und mit dem Halse liegt sie in einem passenden Einschnitte des obern Riegels. Eisenbeschläge kommen hier nicht vor, es befindet sich nur ein eiserner Ring über dem viereckigen Kopfe der Spindel, um das Aufspalten desselben zu verhindern. Der Zug des Taues drückt immer die Spindel mit ihrem obern Halse in den Einschnitt des Riegels, es ist daher ein Herausfallen derselben beim Gebrauche der Winde ganz undenkbar; aber auch wenn die Winde nicht gebraucht wird, so steht die Spindel mit ihrem Fusse auf dem untern Riegel sicher auf. Aus diesem Grunde ist ein Bügel oder Ueberwurf am Halse entbehrlich und ein

solcher fehlt auch bei den meisten Erdwinden. Die eigenthümlich ausgeschmiegte Form im untern Theile der Spindel wird durch die Benutzungsart der Winde bedingt.

Will man die Winde anwenden, um etwa einen sehr schweren Körper zu ziehn, oder ihn auf eine flach geneigte Ebene zu heben, so kommt es zunächst darauf an, die Winde so fest zu stellen, dass sie nicht etwa selbst fortgezogen wird. Das gewöhnliche Mittel hierzu ist, dass man kleine Pfählchen vor die Riegel der Winde in den Boden einschlägt, wie die Figur vier derselben zeigt. Zuweilen genügt dieses aber nicht, und man muss alsdann durch eine Kette, die um den hintersten Riegel geschlungen ist, die Winde an einen andern Gegenstand befestigen, z. B. an einen Baum oder einen starken Pfahl, auch wohl an einen eingegrabenen schweren Schiffsanker u. dergl. Ist in dieser Art das Gestelle in der gehörigen Richtung sicher befestigt, so setzt man die Spindel ein, versieht sie mit den Durchsteckarmen und schlingt das Tau, welches angezogen werden soll, um den dünnsten Theil der Spindel herum. Man macht gewöhnlich drei Windungen, doch zuweilen auch nur zwei: wenn aber der Zug sehr stark ist, deren vier. Diese Windungen müssen so gerichtet sein, wie Fig. 229 *a* angiebt, nämlich so, dass beim Anziehn des Taues dasselbe sich immer höher auf die Spindel herauflegt. Das lose umgeschlungene Tau würde beim Umdrehn der Winde gar nicht fortgezogen werden, wenn nicht an dem hintern freien Ende desselben einige Spannung stattfände. Um diese darzustellen, sitzt ein Arbeiter auf dem hintern Riegel der Winde, das Gesicht nach der Spindel gekehrt, die Durchsteckarme gehen über seinem Kopfe fort, so dass er deren Bewegung nicht hindert. Indem die Reibung eines Taues, welches um eine Welle geschlungen ist, sich mit der Vermehrung der Windungen ausserordentlich vergrössert, so ist ein Gegendruck von einem Pfunde schon hinreichend, die Reibung so zu verstärken, dass sie bei drei Windungen einen Widerstand von mehr als 5 Centnern ausübt und bei vier Windungen schon von mer als 40 Centnern. Auf solche Art kann ein Arbeiter ohne grosse Anstrengung das Tau gehörig fest anziehn, und wie das Ende, welches er in der Hand hält und spannt, sich verlängert, so schiesst er dasselbe zugleich regelmässig auf, so

ss es nach gemachtem Gebrauche sogleich fortgetragen und nderweitig benutzt werden kann. Hierbei rücken die Windungen es Taues immer höher an der Spindel herauf und es würde ndlich die Arbeit ganz unterbrochen werden, wenn nicht von Zeit zu Zeit das sogenannte Schrecken erfolgte. Jener Arbeiter uft nämlich der übrigen Mannschaft zu, dass sie anhalten solle, nd gleich darauf schiebt er das Ende, das er in der linken Hand hält, etwas vor, die sämmtlichen Windungen lösen sich adurch augenblicklich und da der Durchmesser der Spindel ich nach unten zu stark verjüngt, so kann derselbe Arbeiter eicht mit der rechten Hand das Tau wieder auf die dünnste Stelle der Spindel herabdrücken. Es erfolgt diese ganze Ope- ation, wenn der Arbeiter geübt ist, in der Zeit von etwa einer Secunde, und es wäre dabei das Anhalten der Winde gar nicht öthig, wenn man nicht vermeiden wollte, dass bei dem plötz- chen Aufhören des Widerstandes die sämmtlichen Arbeiter, so- ld dieses ganz unerwartet geschähe, hinfallen könnten.

Um den Effect dieser Winde zu beurtheilen, muss bemerkt rden, dass die Reibung, die hier nur Axenreibung ist, ziem- h unbedeutend bleibt. Die Arbeiter entwickeln aber an den belsarmen, die sie vor sich schieben, ohne grosse Anstrengung Kraft von etwa 60 Pfund, und wenn es nöthig ist und sie h weit vorbiegen, so steigert sich dieselbe leicht auf das ppelte. Man kann sonach durch vier Mann einen Zug von bis 60 Centnern ausüben; da aber theils durch längere Arme d theils durch Vermehrung der Mannschaft diese Kraft sich fs Neue steigert, ohne die Maschine wesentlich zu verändern, ergiebt sich hieraus die grosse Wirksamkeit dieses so leicht rzustellenden und sehr wohlfeilen Apparates.

Das Material, woraus die Erdwinde gebaut wird, ist Eichen- lz, die Durchsteckarme müssen aber nicht aus starken Stämmen sgeschnitten sein, vielmehr aus schwachen Bäumen bestehn, e nur etwas beschnitten sind. Am besten ist es, hierzu junge rkenstämme zu benutzen, die wegen ihrer Zähigkeit einem ruche am wenigsten ausgesetzt sind. Man kann diese leicht uf 24 Fuss verlängern, so dass jeder einzelne Arm 12 Fuss ng wird und alsdann finden 16 Mann an der Winde Platz und

können ihre volle Kraft der Spindel mittheilen, ohne dass ein Bruch erfolgt.

Bei der in Rede stehenden Anwendung der Erdwinde zum Heben des Wuchtbaumes braucht man jedesmal nur etwa 5 Umdrehungen zu machen, alsdann wird die Winde, wenn der Wuchtbaum sinkt, auch wieder zurückgedreht und dieses wiederholt sich immer in gleicher Art. Man kann hier, wie in allen ähnlichen Fällen, denjenigen Arbeiter, der das hintere Ende des Taues hält, entbehren, indem man dieses Ende an die Spindel annagelt, dabei ist es aber zweckmässig, eine cylindrische Spindel zu benutzen, wodurch man den Vortheil erreicht, dass der nöthige Druck gegen die Durchsteckarme unverändert bleibt. Hierbei kommt noch der Umstand in Betracht, dass, wenn die Winde für mehrere Pfähle stehn bleibt, das Tau nicht immer die passende Länge hat. Man muss alsdann den Wuchtbaum jedesmal an eine andre Stelle des Taues befestigen, und das übrigbleibende Ende des letzteren auf den Wuchtbaum legen, oder es mit einer dünnen Leine an den Haken binden.

Die Anwendung des Wuchtbaumes zum Ausziehn der Pfähle wird besonders in dem Falle sehr schwierig und fast unmöglich, wenn einzelne Pfähle in tiefes Wasser gerammt sind und sonach kein fester Stützpunkt für den Hebel vorhanden ist. Wenn man nicht starke Rüstungen bauen will, so ist man auf die Benutzung von Schiffen oder kleineren Fahrzeugen hingewiesen. Die Art, wie diese zum vorliegenden Zwecke gebraucht werden, verdient eine nähere Auseinandersetzung, da sie namentlich bei leicht eingerammten Rüstpfählen das Manöver ausserordentlich erleichtern.

Dass man auch auf Schiffen den Wuchtbaum benutzt, ist keineswegs ohne Beispiel, doch erfordert dieses immer eine schwierige Rüstung, um nicht einen einzelnen Theil des Fahrzeuges einer zu starken Belastung auszusetzen, und das verschiedenartige Eintauchen, welches hierbei sogleich eintritt, erschwert die ganze Arbeit ausserordentlich. Das Heben der Pfähle mittelst Winden kann ohne Umstände auch von Fahrzeugen aus geschehn und zwar um so leichter, als dieselben gewöhnlich schon mit kräftigen Windevorrichtungen zum Heben der Anker

versehn sind. In dieser Art wurden, wie bereits er-
rden, die alten Rostpfähle beim Hafenbau in Amster-
eschafft. Wenn man aber dieses Mittel anwendet, so
mmer nur auf diejenige Kraft beschränkt, welche die
richtung selbst auszuüben im Stande ist, und diese ge-
einhin nicht, um fest eingerammte Pfähle zu heben.
n indessen einen sehr starken Zug hervorbringen, wenn
hydrostatischen Druck, den ein grosses Fahr-
hrt, zum Ausziehn des Pfahles benutzt. Belastet man
in Schiff, so dass es recht tief eintaucht, und befestigt
n einer angemessenen Stelle desselben die um den
chlungene Kette, so wird das Schiff, sobald die La-
usgenommen ist, mit grosser Kraft den Pfahl aufwärts
denselben heben. Am einfachsten macht sich dieses,
das Schiff voll Wasser laufen lässt und letzteres dar-
mpt, in ähnlicher Art, wie bei Amsterdam mittelst der
en Cameele die sehr tief gehenden Schiffe gehoben
Man kann hierbei auch die Abwechselung des Wasser-
enutzen, die in Folge der Ebbe und Fluth in kurzen
sich wiederholt. Auf solche Art sah ich bei Hamburg
sziehn: es wurden nämlich zwei Kähne zu beiden Sei-
fahles gestellt, durch eine starke Balkenrüstung mit
verbunden, um die Last möglichst gleichmässig zu
und hieran zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes
befestigt. Sobald das Wasser zu steigen begann,
e sich der hydrostatische Druck desselben gegen die
ie nicht sogleich wichen und sich erst hoben, wenn
unehmenden Drucke der Pfahl nachgab. Dieses Ver-
fte sehr vortheilhaft scheinen, da man eine Naturkraft
velche keine Kosten verursacht. Der Gewinn ist aber
at nicht gross, denn zunächst ist der Zeitverlust sehr
m, da man in einem Tage mit dem kostbaren Inven-
mlich mit zwei Schiffen, höchstens zwei und gewöhn-
nur einen Pfahl heben kann. Sodann aber sind die
en wegen der Schiffsmiethe auch bedeutend, und es
die Gefahr hinzu, dass der Pfahl bei einem gewissen
t nachgiebt und die Fahrzeuge wegen der ungleich-
Belastung leiden und wohl gar brechen.

Wenn nur leicht eingerammte Rüstpfähle ausgezogen werden sollen, so kann man solche namentlich mit grossen Seeböten, die stark gebaut sind, ausziehn und zwar am besten, indem man die Zugkette an das vordere Ende befestigt, wo das Boot wegen des vollen Busens am meisten trägt. Davy beschreibt in dem mehrfach erwähnten Werke eine zweckmässige Vorrichtung dieser Art. Es wird nämlich auf dem Boden eines solchen Bootes der Länge nach eine Eisenbahn angebracht, worauf ein Wagen steht, der eine bedeutende Last trägt, und zwei Winden sind aufgestellt, mittelst deren man den Wagen von einem Ende nach dem andern ziehn kann. Man schiebt ihn zunächst nach vorn und bringt die um den Pfahl geschlungene Kette über das Spill oder die horizontale Winde und zieht die Kette recht steif an. Alsdann bringt man den Wagen ans hintere Ende des Fahrzeuges, wodurch das vordere Ende vom Wasser aufwärts gedrückt wird. Sobald der Pfahl nachgegeben hat, schiebt man den Wagen wieder nach vorn, zieht die Kette von Neuem an und so fort.

Ein ähnliches Verfahren habe ich zum Ausziehn der Rüstpfähle in tiefem Wasser vielfach angewendet. Zum Bauinventarium gehörte ein fest gebautes Fahrzeug, das ursprünglich zu einem englischen Ballastbagger bestimmt war. Ich liess in dieses etwa eine Last Ballast hineinbringen und bemannte es mit etwa sechs Arbeitern; der Ballast lag Anfangs ganz vorn und sonach neigte sich das Fahrzeug auch in dieser Richtung stark über. In dieser Stellung wurde die Kette am Spill steif angezogen, alsdann mussten die Leute den Ballast an das hintere Ende werfen, wobei gewöhnlich schon der Pfahl sich hob, noch ehe die ganze Last versetzt war, und wenn dieses nicht geschah, so liess ich durch das Fahrzeug den verticalen Zug dauernd ausüben, während die Leute anderweitig beschäftigt wurden. Nachdem der Ballast einige Male umgeworfen und dabei die Kette immer von Neuem angezogen war, so war der Pfahl so weit gelöst, dass er ziemlich schnell folgte, ohne dass er jedoch schon durch das Spill allein gehoben werden konnte. Waren die sämmtlichen Pfähle in dieser Art gelöst, so wurde der Ballast fortgeschafft, wodurch das Fahrzeug eine grössere Beweglichkeit erhielt, und statt des Ballastes benutzte ich nunmehr nur das Gewicht von etwa zwölf Arbeitern. Diese mussten sich zuerst möglichst weit nach vorn stellen und nachdem die Kette

Pfahles angezogen war, gingen sie nach hinten, worauf der Pfahl sich wieder hob, die Kette wurde aufs Neue steif gezogen und so fort. Der Pfahl wurde hierdurch sehr schnell gelöst, so dass er bald mit der Ankerwinde herausgezogen werden konnte.

§. 43.

Darstellung der Baugrube.

Wenn man bei der Aufstellung eines Bauprojectes sich für eine gewisse Fundirungsart entschieden und die Lage und Ausdehnung des Fundamentes bestimmt hat, so ergiebt sich hieraus die erforderliche Grösse der Baugrube, sowie auch die Tiefe, in welcher dieselbe ausgehoben werden muss. Gemeinhin darf man das Aufgraben nicht weiter als bis zur untern Grundfläche des Fundamentes ausdehnen, und nur bei Pfahlrosten wird man, um die Pfähle mit Zapfen versehn und die Rostschwellen aufbringen zu können, die Vertiefung etwas unter den eigentlichen Rost herabtreiben, da jedoch auch dieser untere Raum nicht mit der ausgegrabenen Erde wieder verschüttet, sondern entweder mit einem festen Thonschlage oder mit Mauerwerk ausgefüllt wird, so kann man letzteres schon als einen Theil des Fundamentes betrachten, und sonach wird selbst in diesem Falle die Baustelle bis zu der Tiefe aufgegraben, wo das Fundament beginnt. Die Länge, sowie die Breite der Baugrube, muss jedesmal grösser als die des eigentlichen Fundamentes sein, und namentlich ist dieses nothwendig, wenn bei der Fundirung bedeutende Rammarbeiten vorkommen, weil diese durch eine starke Beschränkung des Raumes gewöhnlich sehr erschwert werden. Am besten ist es, dass man auf dem Grundrisse selbst nachmisst, wie weit die Baugrube sich seitwärts erstrecken muss, um jeden einzelnen Pfahl bequem einrammen und zugleich die übrigen erforderlichen Apparate, wie etwa die Wasserhebungsmaschinen, Wuchtbäume, Böcke, Rüstungen und dergleichen aufstellen zu können. Bei grossen Fundirungen wird man mindestens einen freien Raum von 5 Fuss gebrauchen, der sich in der Sohle der Baugrube rings um den Rost herumzieht, doch fehlt es nicht an Beispielen, dass man ihn auch sehr viel grösser gewählt hat und namentlich hat dieses Perronet jedesmal gethan. Eine zu grosse Erweiterung der Baugrube hat aber

den Nachtheil, dass der Zudrang des Wassers auch in demselben Maasse sich zu vermehren pflegt, wodurch nicht nur die Kosten für das Schöpfen vergrössert, sondern auch der Baugrund verdorben wird. Um einen sehr starken Wasserzudrang zu verhindern, ist es nicht ungewöhnlich, dass man die Baugrube in mehrere Theile zerlegt; jede einzelne Abtheilung lässt sich alsdann durch Anwendung der sämmtlichen vorhandenen Schöpfmaschinen leichter trocken legen, als dieses mit der ganzen Baugrube möglich war. Es zeigt sich hierbei indessen der Uebelstand, dass zwischen den verschiedenen Theilen des Fundamentes kein gehöriger Verband dargestellt werden kann und dieses ist besonders bei solchen Bauwerken sehr bedenklich, von denen man eine vollständige Wasserdichtigkeit verlangt und wo die einzelnen Theile vielleicht keine grosse Breite erhalten dürfen. Dieses wäre z. B. bei den Schiffsschleusen der Fall, wo man eine Trennung des Grundbaus gern vermeidet. Bei andern Bauwerken, die aus vollen Mauermassen bestehn und wo man von dem Fundamente mehr die sichere Unterstützung des darüber gestellten Baues als Wasserdichtigkeit erwartet, kann eine solche Trennung von keinem wesentlichen Nachtheile sein, und häufig bringt die Anordnung des ganzen Baues es schon mit sich, dass die tragenden Theile nicht unmittelbar neben einander liegen und sonach besondere Fundamente erhalten müssen, wie dieses z. B. bei den grössern Brücken fast immer geschieht.

Zu der Theilung der Baugrube giebt zuweilen auch der Umstand Veranlassung, dass man nicht auf einmal den Bau in seiner ganzen Ausdehnung ohne Störung der Communication oder Hemmung eines Wasserlaufes in Betrieb setzen kann. Um hiervon ein Beispiel anzuführen, so ist zu erwähnen, dass bei der Brücke zu Moulins über den Allier, wo die sämmtlichen Pfeiler eine zusammenhängende Fundirung erhielten, eine Trennung in der Art vorgenommen wurde, dass man das Bette des Flusses erst auf die eine und alsdann auf die andere Seite verlegte.

Die Seiten der Baugrube dürfen nur in dem Falle, wenn der Boden aus Felsen besteht, sich senkrecht erheben, sonst müssen sie diejenige Neigung erhalten, in welcher die Erdart sich noch sicher trägt. Die Vorausbestimmung dieser Neigung ist insofern oft schwierig, als manche Erdarten viel fester zu sein

scheinen, als sie wirklich sind; namentlich findet dieses bei gewissen Gattungen von Thon statt, die beim ersten Abstechen sich beinahe senkrecht und oft sogar überhängend erhalten, die aber, wenn sie längere Zeit hindurch dem Einflusse der Luft und der Witterung bloss gestellt gewesen sind, so stark abfallen, dass sie zuletzt ebenso flach geböscht sind, wie der trocke Sand. In dieser Beziehung kann es bei einem recht fetten Thone, der beim Trocknen vielfache Risse bekommt und abbröckelt, sogar zur Verminderung der Kosten beitragen, wenn man ihn mit einer dünnen und etwas geneigten Einfassungsmauer umgiebt; man braucht dabei, wie Perronet bemerkt, für einen guten Mörtel keineswegs zu sorgen, denn eben dieser Thon vertritt schon die Stelle desselben und die rückwärts geneigte Lage der Steinschichten verhindert das Ausfallen einzelner Theile. In andern Mischungsverhältnissen und namentlich bei einem starken Zusatze von Kalk saugt der Thon mit Leichtigkeit eine grosse Menge Wasser ein und nimmt dabei vollständig die Eigenschaften einer Flüssigkeit an, so dass er nach und nach eine horizontale Oberfläche bildet. Dieses ist derjenige Baugrund, worin eine Grube am schwierigsten zu eröffnen ist. Durch Absteifungen kann man den Boden wohl einige Zeit hindurch zurückhalten, doch erfordert dieses eine sehr feste Verstrebung und zugleich eine ziemlich dichte Umschliessung. Am sichersten ist es, die Veranlassung zu der gefährlichen starken Durchnässung zu verhindern, indem man die Quellen, die hineintreten könnten, abfängt und anderweitig ableitet, und demnächst, dass man den Bau möglichst beschleunigt, um die Baugrube bald wieder verfüllen zu können.

Perronet *) giebt in Betreff der Dossirungen, welche verschiedene Erdarten annehmen, manche interessante Mittheilungen, der Töpferthon steht kürzere Zeit hindurch bis auf 30 Fuss Höhe ganz senkrecht und sogar überhängend. Frische Gartenerde, die noch nie umgegraben worden und manche Sandarten, welche eine starke Beimischung von Thon enthalten, stehn auch noch beinahe senkrecht, doch nimmt der feine und trockne Sand sogleich eine Neigung an, die nur unter 30 Graden gegen den Horizont ansteigt. Wenn man dagegen in aufgeschütteter Erde gräbt, oder wenn

*) *Sur les éboulements* in der *Description des Ponts.* p. 631 ff.

man die ausgehobene Erde auf einen Haufen wirft, so gelingt es bei den festeren Bodenarten nicht mehr, so steile Neigungen darzustellen, wie beim ersten Abgraben vorkamen. Der reine Sand behält in beiden Fällen dieselbe Neigung, während der Thon und die andern Erdarten sich höchstens unter einem Winkel von 3[illegible] bis 36 Graden gegen den Horizont aufbringen lassen. Eine Ausnahme macht der grobe Kies oder Steinschutt, der noch unter einem Winkel von 45 Graden aufgeschüttet werden kann.

Indem die frische Erde durch längere Berührung mit der Luft die Eigenschaften verliert, wodurch sie Anfangs sich so steil erhalten konnte, so wird man, wenn die Baugrube lange geöffnet bleiben soll, den Wänden nur die Neigung von 36 bis 30 Graden oder die $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ fache Anlage geben dürfen. Gemeinhin begnügt man sich indessen, den Neigungswinkel zu 45 Graden anzunehmen und oft macht man ihn noch grösser: man giebt nicht selten den Wänden sogar eine $\frac{3}{4}$fache Anlage oder man lässt sie auf 3 Fuss horizontalen Abstand 4 Fuss ansteigen.

Mitunter ist es in ähnlicher Art, wie bereits bei Gelegenheit der Ausführung der Brunnen und Entwässerungsgräben bemerkt worden, nicht möglich, die Baugrube in einer gewissen Tiefe darzustellen und sie zugleich vom Wasser frei zu halten, indem letzteres beim starken Zudrange immer die Erde mit sich reisst und die Grube von Neuem anfüllt. In diesem Falle muss man von der gewöhnlichen Fundirungsart abgehn und entweder die Trockenlegung der Baugrube ganz vermeiden, oder doch wenigstens sie nicht früher eintreten lassen, bis man den losen und aufquellenden Boden mit einer schweren Schicht bedeckt hat. Beides kommt zuweilen vor, die Vertiefung des Grundes kann aber, da kein Wasserschöpfen während dieser Arbeit eintreten darf, nur durch Baggern erfolgen. Hierdurch vermeidet man die Senkung des Wasserspiegels und sonach auch den Zudrang des Wassers, und die Ufer halten sich steiler, indem sie durch den Gegendruck des Wassers unterstützt werden. Die Fundirung selbst geschieht alsdann entweder auf einem Roste, dessen Pfähle man unter Wasser abschneidet und der auf dieselbe versenkt wird, wie bereits beschrieben ist, oder es werden Caissons gewählt, oder endlich kann man auch die Baugrube mit einem Betonbette

ecken. Von diesen beiden letzten Fundirungsarten wird später Rede sein.

Gewöhnlich lässt man die Seitenwände der Baugrube nicht e Unterbrechung bis zur Sohle herabreichen, sondern bringt wischen in verticalen Abständen von etwa 6 Fuss noch Ban-te von 4 bis 6 Fuss Breite an. Durch diese wird die Neigung Wände noch mehr ermässigt, und man erreicht sonach eine so grössere Sicherheit gegen das Einstürzen der Dossirungen. bei treten zugleich andere Vortheile ein: wenn nämlich hin und der einzelne Theile in den Wänden nachgeben und herabfallen, stürzen sie nicht mehr bis auf die Sohle der Grube, sondern iben auf dem nächsten Banket liegen. Auch kann man diese nkete sehr zweckmässig zum Aufstellen mancher Utensilien und ger Materialien benutzen, und dadurch der Baugrube etwas ir Räumlichkeit geben, doch muss man sich hüten, zu grosse ten darauf zu bringen, weil die Bankete sonst unter denselben hgeben. Diese Vortheile werden in vielen Fällen, und nament- wenn die Baugrube längere Zeit hindurch geöffnet bleibt, für wichtig gehalten, dass man die Mehrkosten, welche die Dar-lung der Bankete verursacht, nicht zu scheuen pflegt.

Hiernach lässt sich die Grösse der Baugrube und der cubische alt der auszuhebenden Erdmasse bestimmen, man muss aber chzeitig für die passende Ablagerung dieser Erde Sorge gen und dabei besonders einen weiten Transport und ebenso mehrmaliges Versetzen der Erde vermeiden. Das letzte ist onders insofern sehr kostbar, als das Auf- und Abladen dabei öthigerweise wiederholt wird, das gewöhnlich eben so theuer bei kleinen Transportweiten sogar noch theurer, als das entliche Verkarren oder Verfahren der Erde ist. Um in dieser iehung sicher zu gehn, ist es nöthig, dass man vorher die dmasse berechnet, welche man zum spätern Ausebnen der Bau-be braucht: dieses Quantum muss möglichst in der Nähe ab-agert werden, jedoch an eine Stelle, wo es nicht hinderlich ist. übrige Theil des Abtrages dagegen, von dem man keinen tern Gebrauch macht, ist sogleich beim ersten Aufladen auf Karre oder den Wagen ganz zu beseitigen und entweder zum rfüllen von andern Unebenheiten zu benutzen, oder er wird leicht, um keine der Cultur nachtheilige Erhöhung zu bilden,

auf passende Stellen verbreitet. Dass hierbei die localen Verhältnisse gehörig berücksichtigt werden müssen, um die Transportkosten und Grundentschädigungen immer möglichst niedrig zu halten, bedarf kaum der Erwähnung. Doch ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass diejenige Erdmasse, welche man auf der Baustelle wieder verwenden will und welche zur Erleichterung des Transportes nicht weit verfahren wird, nicht unmittelbar an den Rand der Baugrube aufgeschüttet werden darf, weil sie in solchem Falle, besonders wenn der Boden thonig ist, durch den grossen Druck, den sie verursacht, die Dossirungen heraustreiben könnte. Auf diesen Umstand ist man häufig nicht gehörig aufmerksam und manche unangenehme Folgen geben sich alsdann zu erkennen, welche leicht den Bau sehr erschweren. Bei Sand- und Kiesboden ist eine solche Rücksicht weniger dringend, doch darf man auch in diesem Falle nicht vergessen, dass die frisch aufgeschüttete Erde nie eine grössere und gewöhnlich eine geringere Festigkeit hat, als die eigentliche Wand der Baugrube. Dieselbe flache Dossirung, die man also der letztern zu geben für nöthig findet, muss im günstigsten Falle auch die erhöhte Erdschüttung erhalten, und auch hier ist die Anbringung von Banketen ebenso nöthig, wie dort. Bei sandigem Boden kann die Aufschüttung neben der Baugrube noch den Uebelstand herbeiführen, dass der Sand, sobald er zu trocknen anfängt, wieder in die Grube geweht wird, man muss daher wenigstens dafür sorgen, dass die Schüttung nicht auf der Seite liegt, von wo der Wind am häufigsten kommt.

Ueber die vortheilhafteste Anordnung der Erdarbeiten soll später bei Gelegenheit des Canalbaues die Rede sein; die Methode des Steinsprengens und das Heben grosser Steine und dergleichen wird aber am passendsten in dem Abschnitte über die Aufräumung der Flussbette behandelt werden; hier wäre nur in Bezug auf die Erdtransporte Einiges zu erwähnen. Beim Ausheben einer Baugrube sind nämlich häufig sehr bedeutende Erdmassen zwischen denselben Punkten zu bewegen, während bei Canälen und andern ausgedehnten Anlagen die zu transportirende Erde von sehr verschiedenen Stellen entnommen und immer an andere Stellen gebracht wird, die meist weit von einander entfernt liegen. Im vorliegenden Falle ist daher eine Erleichterung des Erdtransportes

ässig, als die betreffenden Vorrichtungen für die ganze
r Arbeit gebraucht werden, ohne dass man sie viel
arf. Hier empfiehlt sich also vorzugsweise die An-
n leichten Eisenbahnen, die auch häufig mit grossem
nutzt sind. Dabei ist noch der Umstand von Wich-
gewöhnlich das Material stark gehoben werden muss.
dieses dadurch bewirken, dass man die Pferde un-
ır die Wagen spannt, so würde deren Leistung viel
ısfallen, indem das Pferd nicht nur die eigentliche
ost dem Wagen ziehn, sondern auch jedesmal sein
icht mit heraufheben muss. Es ist daher passender,
Pferdegöpel oder eine Dampfmaschine die Wagen bis
lle der Bahn heraufziehn zu lassen, wo die starke
ıfhört. Ausserdem muss dafür gesorgt werden, dass
nd hergehenden Wagen einander nicht hindern, und
n keine Unterbrechung erleidet, und überhaupt der
eb recht regelmässig erfolgt. Hiernach stellt sich die
eines Doppelgeleises als dringend nöthig heraus, auch
forderliche Anzahl von Wagen beschafft werden, woher
ge jedesmal ziemlich kostbar wird, und sonach sich
tigt, wenn die Erdmasse gross genug ist, um durch
iebe eintretende Ersparung diese Kosten zu decken.
at die Eisenbahnen mehrfach unter ähnlichen Ver-
und zwar auf verschiedene Art ausgeführt: ich will
ge Construction der Bahn und des Wagens beschreiben,
den Hafenbauten in Pillau seit dem Jahre 1828 be-
g. 230 *a* und *b* zeigt diese Bahn in der Ansicht von
nd von vorn. Ein vierzig Fuss langer kieferner Balken
änge nach durchschnitten und beide Stücke waren
Riegel und drei Schraubenbolzen zu einem festen
rbunden, der die Bahn bildete; die obern Kanten waren
um die schmale Fläche darzustellen, welche die dünne
iene trug. Das Gewicht eines solchen Bahntheiles war
grösser, als das eines 40 Fuss langen Balkens, es
eicht auf einem zweirädrigen Wagen transportiren und
Erleichterung für weitere Transporte lag darin, dass
ebene Rahmen im Wasser schwamm und die Benetzung
iicht schadete. Von diesen Bahnen wurden nach Um-

ständen 2 bis 4 Stück zusammengesetzt und die grosse Stärke des Holzes erlaubte es, die Unterstützungen in weiten Entfernungen anzubringen. Am deutlichsten zeigte sich dies beim Lossen der Steine: ich legte ein Ende einer solchen Bahn auf das Fahrzeug, worin die Steine angeliefert wurden und das andere auf die Befestigung am Ufer; der Rahmen lag also fast in seiner ganzen Länge frei und doch gingen Steine darüber, die bis 30 Cubikfuss hielten. Dabei gab sich noch der sehr grosse Vortheil zu erkennen, dass ein geringes Schwanken des Schiffes bei mässigem Wellenschlage nicht das sanfte Aufstellen des Steines auf den Wagen verhinderte, denn der Wagen nebst demjenigen Ende der Bahn, worauf er stand, machte alle Schwankungen des Schiffes mit, und so wurde das Lossen der Steine nicht leicht durch ungünstige Witterung unterbrochen. Sodann konnten mittelst dieser Bahn, wenn ihr Ende über ein Bohlwerk etwa 6 Fuss weit vortrat, auch Fahrzeuge beladen werden, ohne dass man für eine besondere Unterstützung des überstehenden Endes sorgen durfte.

Die Zusammensetzung des Wagens richtete sich nach der Form und Grösse der gusseisernen Scheiben, die zufälliger Weise im Hafenbau-Inventarium befindlich waren. Von denjenigen Einrichtungen, die man heut zu Tage bei Eisenbahnwagen anwendet, konnte damals und unter den dortigen Verhältnissen nicht die Rede sein. Alles musste so angeordnet werden, dass es sich ohne grosse Kosten durch einen gewöhnlichen Schmied ausführen liess. Die Axen bestanden aus Eisenstangen von quadratischem Querschnitt, die $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und hoch waren, die cylindrischen Ansätze, um welche sich die Räder drehen, hatten $1\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser. Diese Axen waren in zwei Stücke Eichenholz von 4 Zoll Breite und Höhe eingelassen und zwei Langbäume von denselben Dimensionen verbanden sie miteinander; vier Schraubenbolzen gaben aber dem so gebildeten Rahmen die nöthige Festigkeit und griffen zugleich durch die Axen hindurch. Die Spurweite des Wagens maass $2\frac{1}{2}$ Fuss. Ich versuchte zuerst den Wagen nur auf einer Holzbahn, also ohne eiserne Schienen gehn zu lassen, und dabei zeigte sich schon eine merkliche Erleichterung des Zuges, denn ein mit 20 Cubikfuss Sand oder Kies beladener Wagen konnte bequem durch zwei Arbeiter fortgeschoben werden. Sobald indessen feuchte Witterung eintrat, so nahm der Wider-

ehr merklich zu und alsdann gab sich auch eine starke
ng der Bahn zu erkennen. Hiernach war die Anwendung
hienen nicht zu umgehn. Ich versuchte zuerst zu den-
ganz schwaches Bandeisen anzuwenden, welches 1 Zoll
nd noch nicht voll 1 Linie stark war. Den erwähnten
änden wurde hierdurch auch vorgebeugt, aber es zeigte
eigenthümliche Erscheinung, dass durch grössere Lasten,
über gingen, die Schienen förmlich ausgewalzt wurden.
n lagen nämlich, wenn die Bahn nicht gebraucht wurde,
gespannt auf dem Rahmen, sobald aber der Wagen schwer
darüber gezogen wurde, so erhoben sich die Schienen vor
lern und bildeten wellenförmige Krümmungen, die vor dem
herliefen und gewöhnlich die sämmtlichen Nägel, womit
stigt waren, gewaltsam herausrissen, so dass diese oft mit
Platzen hoch in die Luft flogen. Als ich später den
n die Stärke von $1\frac{1}{2}$ Linien oder $\frac{1}{8}$ Zoll gegeben hatte,
chwand auch dieser Uebelstand, und nur beim Lossen sehr
Steine, wo der Einfluss der starken Einbiegung der Bahn
hon merklich werden mochte, gab sich zuweilen dieselbe
nung wieder zu erkennen. Die Schienen hatten die Breite
Zoll und der laufende Fuss wog $\frac{1}{2}$ Pfund.

nn der Wagen zum Steintransport benutzt werden sollte,
en nur einige Lagerhölzer darauf gelegt, oder leicht be-
verden; wenn dagegen Erde oder Sand und Kies damit
n wurde, so war es nöthig, für ein leichtes Entleeren
stens zu sorgen. Der Kasten hatte die Gestalt eines
s und war aus einzölligen Brettern, die in den Kanten
Leisten genagelt waren, zusammengesetzt. Am Boden hatte
Oeffnung, die mittelst einer beweglichen Klappe geschlossen
Letztere war an der einen Seite durch zwei Charniere
nder befestigt, und die untern Arme derselben verlängerten
auf die andere Seite, wo sie in Oesen ausgingen; hier
ie Leinen angesteckt, womit man die Klappe heben und
sen konnte. Die Figuren zeigen die ganze Einrichtung.
denklappe ist in ähnlichen Fällen schon häufig benutzt
doch giebt man ihr immer eine andere Einrichtung, und
d schliesst sie gewöhnlich durch Griffe und Haken, die
edern angedrückt werden. Es treten jedoch dabei manche

Uebelstände ein: der Arbeiter muss sich nämlich bücken un
Hand die Klappe aufheben, ferner ist ein recht scharfes
der Klappe dabei nicht möglich und endlich wird diesell
den Haken nur an einem Punkte unterstützt, woher sie si
durchbiegt. Bei der hier gewählten Einrichtung ist das V
sowohl beim Oeffnen, als beim Schliessen sehr einfach
quem und die Klappe kann jedesmal scharf angezogen
Zwei Leinen, die an die Arme der Charniere befestigt si
durch gehörig weite Einschnitte zwischen dem erwähnten
und dem Kasten hindurch und sind über zwei Klampen
welche seitwärts auf den letzten genagelt sind. Die Gest
Klampen, welche man Hornklampen nennt, wenn sie
nur einen aufwärts gerichteten Arm haben, ergiebt sich
beiden Figuren. Sie dienen zum scharfen Anziehn und B
der Taue; auf den Schiffen sieht man sie in grosser A
den Masten und rings um das ganze Bord angebracht
alles laufende Tauwerk an sie befestigt wird. Etwas
verursachen sie freilich, doch kommt es im vorliegend
hierauf nicht an. An die eine Leine ist ein kleiner B
festigt und um denselben ist die andere Leine gezogen.
man das lose Ende der letzten verkürzt, so wird die Kl
beiden Seiten gehoben. Hat man aber jenes Ende scha
zogen und die Klappe genau geschlossen, so giebt die
Gelegenheit, die Leine mit der vollen Spannung zu b
Fig. 230 *a* zeigt die sehr einfache Befestigungsart de
man fasst nämlich von ihrem losen Ende eine Schleife,
diese unter der Leine möglichst weit auf die Klampe.
bedrückt die stark gespannte Leine selbst das hintere E
die Verbindung kann sich nicht lösen, bis man an d
Ende zieht und die Schleife hervorreisst. Auf diese Ar
die Leinen, womit man die Segel von Böten einstellt un
schnell gelöst werden müssen, immer befestigt. In Fi
ist die Leine fortgelassen, um die Klampe nicht zu v
Wenn der Arbeiter die Klappe wieder heben und
will, nachdem der Inhalt des Kastens herausgefallen
in der Zeit von einigen Secunden geschieht, so zieh
Leine, die er in der Hand behalten hat, wieder
versteckt das Ende derselben in der erwähnten Art,

der Wagen sogleich zur Aufnahme der neuen Füllung vorbereitet.

§. 44.

Umschliessung der Baugrube.

Häufig wird eine Baugrube nicht im hohen und wasserfreien Boden, sondern auf einer Stelle eröffnet, die mit Wasser bedeckt ist und zuweilen selbst in Flüssen oder andern Gewässern. In diesen Fällen lässt sich der eigentliche Bau bei Anwendung der gewöhnlichen Methoden nicht früher beginnen, als man die Baugrube ausgeschöpft hat, und hierzu ist es erforderlich, dass sie vorher gegen das umgebende Wasser abgeschlossen und ein leichter Zufluss von den Seiten oder auch wohl durch den Boden verhindert wird. Diejenigen Wände, welche zur Seite künstlich aufgeführt werden, um das Wasser abzuhalten, nennt man Fangedämme; sie müssen nicht nur dem Drucke des Wassers hinreichend widerstehn, und wo es nöthig ist, auch so fest sein, dass sie vom Schlage der Wellen nicht leiden, sondern sie müssen auch so dicht sein, dass die feinen Wasseradern nicht hindurchdringen, wodurch das Wasserschöpfen erschwert und sie selbst wegen der zunehmenden Erweiterung der Adern leicht in Gefahr gesetzt würden. In einzelnen Fällen beschränkt sich der Zweck der Fangedämme nur darauf, die Strömung und die starke Bewegung des Wassers von der Baugrube abzuhalten, alsdann brauchen die Fangedämme nicht wasserdicht zu sein, und ihre Ausführung wird viel leichter. Endlich ist zuweilen der Baugrund so lose und so durchdringlich für das Wasser, dass die Umschliessung der Grube von der Seite nicht das Zudringen der Quellen verhindert: alsdann hat man zuweilen noch eine besondere Ueberdeckung des Bodens mit wasserdichten Schichten darzustellen versucht, doch giebt es nur sehr wenige Beispiele dafür. Man nennt diese Ueberdeckung des Grundes einen Grundfangedamm.

Bei dem Fangedamme, der die Baugrube zur Seite umschliesst, ist zunächst die Höhe desselben zu bestimmen, indem von dieser seine Stärke und Constructionsart abhängt. Wenn die Wasserstände lange Zeit hindurch regelmässig beobachtet sind, so kann man aus den Tabellen ersehn, bis zu welcher Höhe die stärksten

Anschwellungen steigen und welche Wasserstände man während der muthmaasslichen Dauer des Grundbaues erwarten darf. Bis über die höchsten Wasserstände, welche jemals vorgekommen sind, wird man niemals die Fangedämme aufführen, denn man wählt zum Grundbau immer diejenige Jahreszeit, wo die Anschwellungen selten und nicht bedeutend hoch, noch auch lange anhaltend sind. Es kann freilich geschehn, dass der Theil des Baues, für den man den Fangedamm gebraucht, in einem Sommer nicht beendigt wird und es sonach auch vortheilhaft wäre, wenn die Umschliessung selbst die höchsten Winter- oder Frühjahrsfluthen abhalten könnte; da jedoch die Kosten eines Fangedammes im Allgemeinen nicht der ersten Potenz der Höhe, sondern dem Quadrate derselben proportional sind, und in der Regel selbst dieses Verhältniss noch nicht genügt, so muss man, um gar zu grosse Ausgaben zu vermeiden, solche ausserordentliche Fälle unbeachtet lassen, und sich darauf gefasst machen, sobald sie eintreten, die Arbeit einzustellen und den ausgeführten Theil des Werkes mit Wasser bedecken zu lassen. Es bezieht sich dieses gemeinhin nicht nur auf das höchste Frühjahrswasser, sondern auch auf die höheren Wasserstände, welche in seltenen Fällen auch in der Jahreszeit eintreten, die man zum Bau wählt, und die Frage, ob man bei einem gewissen Bau den Fangedamm etwa 9 oder 10 Fuss hoch machen soll, lässt sich nur beantworten, wenn man die Vortheile und Nachtheile des letzten Falles vergleichungsweise gegen den ersten in Zahlen ausdrückt. Der Nachtheil ist dabei nichts anderes, als die Mehrkosten, welche der erhöhte Fangedamm theils bei der ersten Anlage, theils aber auch vielleicht noch in anderer Beziehung veranlasst. Der Vortheil dagegen ist gleich den Kosten, den die Unterbrechung der Arbeit mit Rücksicht auf die wahrscheinlichen Beschädigungen beim höheren Wasserstande verursachen würde. Dieser Vortheil tritt aber nicht mit Gewissheit ein, sondern giebt sich nur in dem Falle zu erkennen, wenn der Wasserstand zufälliger Weise während der Dauer des Baues sich so stellt, dass wohl der 9 Fuss hohe, jedoch nicht der 10 Fuss hohe Fangedamm überfluthet würde. Man muss also mit Rücksicht auf die Dauer des Grundbaues und auf die Jahreszeit, in welcher derselbe ausgeführt wird, die Wahrscheinlichkeit eines solchen Falles aus den Wasserstandstabellen zu ermitteln suchen, und mit derjenigen

Zahl, welche diese Wahrscheinlichkeit ausdrückt, wird die zuerst gefundene Grösse des Vortheiles multiplicirt. Dieses Product ist der Werth, womit man den Vortheil mit Rücksicht auf die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens in Rechnung zu stellen hat; ist er grösser als der obige Nachtheil, so wird es räthlich, die Erhöhung vorzunehmen, im andern Falle dagegen nicht. Eine solche Untersuchung führt hier sowohl, wie in allen andern Verhältnissen, wo man gegen gewisse zufällige Ereignisse sich sichern will, zu dem passendsten Urtheil, und was man Glück oder Ueberlegung nennt, ist gewöhnlich nichts anderes, als eine dunkle Schätzung des Resultates dieser Rechnung. Dass man die Rechnung im vorliegenden Falle immer speciell durchführen muss, soll hiermit keineswegs gesagt sein, der Zweck dieser Andeutung ist nur, die Umstände zu bezeichnen, von denen die Bestimmung der Höhe eines Fangedammes abhängt; wenn es sich aber darum handelt, bei der Ausführung einige hundert oder tausend Thaler zu sparen, da sollte die Mühe, welche eine kleine Rechnung verursacht, auch nicht zu hoch angeschlagen werden.

An Meeresküsten, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth sehr bedeutend ist, dient der Fangedamm gewöhnlich nur dazu, um das Eintreten des niedrigen Wassers zu verhindern; die Bauzeit beschränkt sich alsdann auf wenige Stunden, und sobald das Wasser merklich steigt, füllt es die Baugrube wieder an. Der grösste Theil der Hafenbauten in England kommt in dieser Art zur Ausführung, und wenn die vielfachen Unterbrechungen dabei auch sehr störend sind, so lässt es sich doch nicht verkennen, dass die regelmässige Wiederkehr eines so niedrigen Wasserstandes die Fundirung sehr erleichtert und die Kosten für Anlage eines Fangedammes und zum Theil auch für Wasserschöpfen ermässigt. Der grösste Uebelstand tritt hierbei ein, wenn eine solche Baustelle vom Lande aus nicht zugänglich ist, was namentlich bei Leuchtthürmen sich mehrmals wiederholt hat, die auf Klippen im Meere gebaut wurden. Sobald das Wasser beinahe seinen tiefsten Stand erreicht hatte, mussten die Arbeiter alsdann in Böten nach der Baustelle geführt, und wenn ein merkliches Steigen eintrat, wieder nach den in der Nähe liegenden Schiffen zurückgebracht werden, indem die ganze Baustelle vom Wasser bedeckt wurde und die Wellen darüber gingen.

Man pflegt die Fangedämme nicht auf die Höhe derjenigen Wasserstände zu beschränken, vor denen man gesichert sein will, vielmehr 6 Zoll oder 1 Fuss darüber zu gehn. Die Stärke eines Fangedammes ist aber von seiner Höhe abhängig, und zwar ist es nicht nur nöthig, ihm bei grösserer Höhe auch eine grössere Breite zu geben, sondern die ganze Construction muss alsdann auch solider sein. Bei einer Höhe von wenigen Fussen genügt es, den Erddamm ohne alle Holzwand aufzuschütten, doch lagert sich die Erde fester und lässt sich auch besser stampfen, wenn man sie wenigstens gegen eine dichte Wand lehnt, die alsdann immer auf der innern Seite oder auf der Seite nach der Baugrube sich befindet. Hierher gehört der bereits erwähnte Fall, dass man den für das Fundament bestimmten Raum mit einer Spundwand umgiebt und dieselbe von aussen mit einem Thonschlage versieht. Statt der Spundwand kann man sich indessen auch einer Stülpwand (Fig. 213) bedienen, und wenn es nicht darauf ankommt, den Boden selbst zu comprimiren, um die etwa darin befindlichen Wasseradern zu schliessen, so lässt sich die Rammarbeit merklich erleichtern, wenn man nicht die Bohlen so tief einrammt, dass sie dadurch einen sichern Stand erhalten, sondern eine verholmte Pfahlreihe anbringt und jene dagegen lehnt. Hierbei wird die Bohlenwand häufig nicht senkrecht gestellt, sondern schräge und zwar mit einer Neigung von 30 bis 45 Graden gegen den Horizont auf den erwähnten Holm gelehnt. In diesem Falle lassen sich die Fugen der Wand noch durch darübergeworfenen Mist oder belaubte Zweige etwas dichten, so dass die Erde nicht hindurchfällt. Man kann alsdann die Spundwand ganz entbehren und selbst die Ueberdeckung der Fugen durch eine zweite Lage von Brettern oder die Anbringung der gestülpten Wand ist weniger nothwendig, ja es kommt sogar vor, dass man nicht einmal Bohlen oder Bretter benutzt, sondern jene Wand nur aus Latten oder Stangen darstellt.

In dieser Art erbaute man am Zusammenflusse des Cure mit der Yonne Fangedämme, welche, wie Fig. 231 *a* und *b* in der Ansicht von vorn und von der Seite zeigt, einen Wasserstand von 9 Fuss abhielten *), doch musste während ihrer Ausführung der

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. p.* 403. und in den *Recueil de dessins, rélatifs à l'art de l'ingénieur.*

Wasserstand bedeutend geringer sein, weil sie sonst nicht darzustellen gewesen wären. Im Abstande von 7 Fuss von einander wurden schräge Böcke aufgestellt und darüber zwei Reihen Balken gelegt, welche die Holzwand trugen. Diese bestand nur aus Stangen, und um deren Fugen zu decken, legte man eine starke Lage belaubtes Strauch oder Stroh darüber und hierauf ruhte der wasserdichte Damm. Die Stützen in der Mitte jedes Bockes nebst den Bohlen, worauf sie standen, konnten aber erst angebracht und eingetrieben werden, nachdem das Wasser aus der Baugrube schon entfernt war. Es wird angeführt, dass ein Fangedamm dieser Art in einer Länge von 20 Meter oder 64 Fuss in zwei Tagen dargestellt werden konnte.

Auch der sehr interessante Fangedamm, den Thunberg bei Carlscrona ausführte, wurde durch eine solche schräge Wand gebildet, die jedoch aus einer Spundwand und zwar mit der Fig. 201 angegebenen Spundung bestand. Dieser Fangedamm ist auf ganz eigenthümliche Weise erbaut, und durch ein sehr überlegtes Verfahren hat man dabei in der Wassertiefe von einigen zwanzig Fuss das Gerüste des Dammes aufgestellt und verbunden. Im tiefen Wasser wurden die Balken, welche den Längenverband bildeten, auf die einzelnen Böcke oder Binder, die lose auf dem vorher geebneten Meeresboden standen, aufgenagelt und alsdann erst rammte man die schräge Spundwand davor ein. Die letztere wurde nur am untern Theile beschüttet, oben musste sie selbst den wasserdichten Schluss darstellen. Der Fangedamm brach indessen und hierauf wurden manche Modificationen eingeführt. Dazu gehörte, dass eine Menge Pfähle normal gegen die Spundwand eingerammt wurden, um diese sicher zu halten, und ausserdem baute man dahinter noch einen zweiten Fangedamm, damit jeder einzelne nur den halben Wasserdruck abzuhalten hatte.*) Eine nähere Beschreibung übergehe ich, indem ähnliche Constructionen wohl nicht leicht Anwendung finden dürften; dieser Bau gehört aber wegen der künstlichen Anordnungen, die dabei gewählt waren, zu den interessantesten Werken, und es ist nur zu bedauern, dass die Mittheilungen darüber so wenig klar sind.

---

*) *Essai de bâtir sous l'eau par J. Fellers.* Stockholm 1776.

Bei Anwendung der Bétonfundirungen stellt man häufig auch Fangedämme aus Béton dar und schüttet sie im Zusammenhange mit dem Grundbette. Doch kann man hiervon nur Gebrauch machen, wenn diese Dämme später als Theile des Mauerwerks zu benutzen sind, denn ohne diesen doppelten Zweck würden sie zu theuer ausfallen und ausserdem wäre ihre Fortschaffung unter Wasser auch sehr schwierig. Man erreicht bei dieser Construction noch den grossen Vortheil, dass man bei eintretendem höhern Wasserstande leicht die Erhöhung des Fangedammes vornehmen kann, indem man mit schnellbindendem hydraulischem Mörtel eine Mauer darüber aufführt. Bei Gelegenheit der Bétonfundirungen soll das Erforderliche über die Darstellung dieser Fangedämme mitgetheilt werden.

Am häufigsten werden die Fangedämme in der Art construirt, dass man zwei senkrechte Holzwände darstellt und den Zwischenraum mit einer passenden Erde ausfüllt: man nennt sie in diesem Falle Kasten-Fangedämme. Da die Erdschüttung vorzugsweise den wasserdichten Schluss darstellen muss, so ist es nöthig, dass diese auch die gehörige Breite erhält; ausserdem aber vermehrt sich durch eine grössere Breite auch die Masse des Dammes und trägt dadurch zu seiner Stabilität wesentlich bei. Hierzu kommt noch, dass die Fangedämme bei einer beschränkten Ausdehnung der Baugrube zugleich als Wege zum Beischaffen von Materialien und Geräthschaften benutzt werden, weshalb sie nicht gar zu schmal sein dürfen. Bei niedrigen Fangedämmen ist die Breite gewöhnlich der Höhe gleich, wenn aber die Höhe über 8 bis 9 Fuss steigt und sonach die Breite grösser ausfallen würde, als das Erforderniss in Bezug auf die Darstellung des Weges verlangt, so pflegt man die Breite in geringerem Verhältnisse als die Höhe wachsen zu lassen. Hiernach hat sich bei uns die Regel gebildet, dass man bei einer Höhe von mehr als 8 Fuss die Breite des Fangedammes gleich der halben Höhe und 4 Fuss annimmt. In Frankreich ist man gewohnt, bei einer Höhe bis zu 3 Meter (9½ Fuss) die Breite der vollen Höhe gleich zu setzen, über diese Grenze hinaus lässt man aber die Breite nur um den dritten Theil der Mehrhöhe wachsen.*)

*) Sganzin, *programme. IV. édition p.* 305.

In England betrachtet man die Fangedämme nicht als Theile des Baues, sie werden daher in die eigentlichen Bauprojecte auch nicht mit aufgenommen und es bleibt ihre Anordnung und Ausführung den Entrepreneuren überlassen. Aus diesem Grunde hat sich dort keine so bestimmte Regel für die Dimensionen und die Constructionsart dieser Werke festgestellt; in der neuesten Zeit haben jedoch manche Ingénieure bei Aufstellung von Bauprojecten, wenn die Anlage der Fangedämme besondere Schwierigkeiten zu bieten schien, dieselben mit berücksichtigt und die gewählten Breiten schliessen sich ungefähr den obigen Regeln an.

Die Construction der Fangedämme ist folgende: in zwei Reihen werden Pfähle in Abständen von 4 bis 5 Fuss eingerammt, die beiden Reihen sind aber so weit von einander entfernt, dass, mit Rücksicht auf die dagegen zu lehnenden Bohlenwände, die Erdschüttung die vorstehend angegebene Breite erhält. Diese Pfähle müssen so fest im Grunde stecken, dass sie nicht nur dem Drucke des Wassers Widerstand leisten, sondern, wenn es nöthig sein sollte, den losen aufgeschwemmten Grund innerhalb des Fangedammes auszubaggern, sie auch dadurch nicht ihren sichern Stand verlieren. Die beiden Pfahlreihen werden ferner nach der bei uns üblichen Methode in gleicher Höhe abgeschnitten, mit Zapfen versehn und mit Holmen überdeckt. Fig. 232 zeigt diese Anordnung im Querschnitte. Um jedoch den Fangedamm gegen ein Ausdrängen durch die einzubringende Erdschüttung zu sichern und zugleich seine beiden Wände mit einander zu verbinden, so werden in demselben Abstande, in welchem die Pfähle stehn, Querzangen angebracht, welche über beide Holme greifen. In Frankreich ist eine andere Construction üblich, und zwar wird das Ausweichen eines einzelnen Pfahles daselbst sicherer verhindert, als durch den Zapfen, und überdies vermeidet man dort das Verschneiden der Pfähle, um sie später noch zu gleichem Zwecke benutzen zu können. Man nagelt nämlich, wie Fig. 233 zeigt, an die äussern Seiten der Pfähle Rahmen von Kreuzholz, und verbindet diese unter sich wieder durch verkämmte Zangen. Häufig lässt man aber auch jene ersten Verbandstücke ganz fort, indem schon die innere Verkleidung ihre Stelle vertritt, und man verbindet nur die gegenüberstehenden Pfähle in beiden Reihen durch dop-

seite und mit Schraubenbolzen zusammengezogene Zangen, wie Fig. 235 a und b in der Ansicht von oben und im Querschnitt zeigt. Eine solche Anordnung sah ich bei einem Fangedamm im Hâvre.

Bevor die Zangen zur Verbindung der beiden Pfahlreihen unter sich aufgebracht werden, muss man schon die dichten Bohlenwände auf der innern Seite der Pfähle einsetzen, gegen welche die Erdschüttung sich lehnt. Dieses geschieht auf sehr verschiedene Art, und zwar muss die Wand um so fester sein, je grösser der Wasserdruck ist, den der Fangedamm abhalten soll. Das einfachste Verfahren ist, dass man Bohlen horizontal an den Pfählen herabschiebt, da es jedoch bei einer Wassertiefe, die mehrere Fuss beträgt, nicht mehr möglich sein würde, die untern Bohlen zu halten, bevor die Füllung eingebracht ist, so verbindet man die einzelnen Bohlen schon vorher zu Tafeln, welche die ganze Höhe des Fangedammes haben, und bemüht sich, sie beim Einsetzen bis in den Grund herabzustossen, damit nicht gar zu grosse Fugen über dem natürlichen Boden zurückbleiben, wodurch die eingeschüttete Erde zu sehr dem Angriffe des Wassers ausgesetzt würde. Zu diesem Zwecke ist es vortheilhaft, unmittelbar an der innern Seite der Pfahlreihen eine etwas vertiefte Rinne auszubaggern, deren Sohle möglichst eben ist. Die bereits aufgebrachten Holme gewähren hierbei eine grosse Erleichterung, indem sie eine bequeme und feste Rüstung darstellen, von welcher aus diese Arbeit sich leicht ausführen lässt. Die Tafeln selbst werden, wie Fig. 232 zeigt, auf der äussern oder der dem Wasser zugekehrten Seite durch vorgenagelte Leisten verbunden, man muss aber dafür sorgen, dass die Stösse zwischen je zwei solcher Tafeln jederzeit auf Pfähle treffen und beide Enden sich noch sicher an diese lehnen. Man nagelt sie alsdann gegen den Holm fest. Um den Stoss zwischen beiden Tafeln besser zu dichten und um zugleich ein Aufheben oder Umschlagen derselben zu verhindern, so rammt man auf der innern Seite über den Stoss noch eine Bohle vor, wodurch die Tafeln an ihren Enden sehr sicher gehalten werden.

Diese Anordnung lässt sich nur so lange anwenden, als der Druck, den die Wand erleidet, nicht bedeutend ist; wenn derselbe grösser wird, so kann man in vielen Fällen noch von

den Stülpwänden vortheilhaft Gebrauch machen. Bei diesen schliesst sich jede einzelne Bohle oder Diele sehr sicher an alle Unebenheiten des Grundes an und lässt sich sogar, wenn es nöthig ist, in einen weichen Boden leicht eintreiben. Die erste Reihe der Bohlen erhält durch die zweite, welche die Fugen verdeckt, noch eine bedeutende Verstärkung und sonach darf man bei niedrigen Fangedämmen nicht besorgen, dass die Bohlen sich ausbauchen. Bei grösserer Höhe tritt diese Gefahr ein, und sobald einzelne Bohlen merklich durchbiegen, so öffnen sich auch sogleich die Fugen, und der Fangedamm wird undicht. Es kommt also darauf an, den äussern Bohlen zwischem dem Holme und dem Boden noch eine dritte Unterstützung zu verschaffen. Wenn gerade recht niedriges Wasser zur Zeit der Ausführung des Fangedammes stattfindet und die Wassertiefe alsdann nicht gross ist, so genügt es, in der Höhe des Wasserspiegels noch eine Bohle oder ein Stück Halbholz gegen die Pfähle zu nageln; im entgegengesetzten Falle aber lässt sich ein solcher Riegel auch mittelst aufgenagelter Latten leicht bis zu jeder beliebigen Tiefe herabschieben und im Wasser erhalten. Indem es hierbei auf eine geringe Differenz in der Höhe nicht ankommt, so dürfen die Stösse zwischen diesen Riegeln nicht gerade auf die Pfähle treffen, sondern es ist besser, ihnen dadurch eine ganz sichere Haltung zu geben, dass man sie noch über die Pfähle vortreten und gegenseitig an einander vorbeigreifen lässt; sie erhalten alsdann sämmtlich eine etwas geneigte Lage, oder liegen abwechselnd etwas höher und tiefer. Wenn indessen die Holme mit der innern Seite der Pfahlreihe bündig verlegt sind und man gegen diese wieder die Stülpwand lehnen wollte, welche weiter unterhalb um die Breite der vorgeschobenen Riegel von der Pfahlwand entfernt gehalten wird und sonach in grösserer Tiefe noch mehr davon absteht, so würde der Fangedamm unten schmaler als oben sein, was durchaus unstatthaft wäre. Um dieses zu vermeiden, muss man vor dem Holme oder wenig darunter noch einen zweiten Riegel von derselben Stärke, wie den untern, anbringen und beide als Lehren beim Einrammen der Stülpwand benutzen.

Wird endlich der Fangedamm etwa 12 Fuss hoch oder darüber, so muss man zu seiner Verkleidung und namentlich auf

der innern Seite, wo er nicht nur den Druck der eingeschütteten und festgestampften Erde, sondern ausserdem auch den des äussern Wassers auszuhalten hat, schon eine Spundwand wählen. Bei derselben vermeidet man viel sicherer alle weit geöffnete Fugen, die sonst leicht bei tiefem Wasser vorkommen, ausserdem aber besitzt eine Spundwand jederzeit eine grosse Steifigkeit, und wenn vielleicht auch in ihr ein geringes Einbiegen eintreten sollte, so wird dieses nicht mehr in den einzelnen Bohlen stattfinden, sondern sich auf grössere Theile der Wand erstrecken und sonach kein nachtheiliges Oeffnen der Fugen zur Folge haben. Endlich ist noch die Anbringung der Spundwände, und zwar auf beiden Seiten eines Fangedammes, auch insofern von der äussersten Wichtigkeit, als dieselben mehrere Fuss tief im Boden stecken und man sonach zwischen ihnen den Grund ausbaggern und auf solche Art den Fangedamm bis unter das natürliche Bette herabführen kann. Dieses Verfahren trägt bei einem kiesigen Grunde wesentlich zur Verminderung des Wasserzudranges in die Baugrube bei, doch wirkt darauf die Spundwand auch schon in anderer Beziehung hin, indem sie, wie bereits bemerkt worden, den Grund neben sich comprimirt und die Wasseradern sperrt. Bei sehr hohen Fangedämmen kann es indessen auch für die Spundwand noch bedenklich sein, ihr keine Unterstützung unterhalb des Holmes zu geben, und ausserdem wird das Einrammen derselben nicht ganz sicher, wenn die Zwinge sehr weit über dem Boden sich befindet. Perronet wandte zur Vermeidung dieser Uebelstände beim Bau der Brücke zu Neuilly ein Mittel an, welches eine nähere Beschreibung verdient. Fig. 233 zeigt den Querschnitt des daselbst benutzten Fangedammes und man bemerkt, dass jede Spundwand von zwei Zwingen umfasst wird, von denen die untere über 3 Fuss tief unter dem niedrigsten Wasserstande (der in der Figur angedeutet ist) sich befindet. Der Fangedamm besteht aus zwei Pfahlreihen, die von Mitte zu Mitte 10 Fuss von einander entfernt sind, und der Abstand der einzelnen Pfähle in jeder Reihe beträgt 4 Fuss. Die Pfähle hatte man unten bebrannt. In der Höhe von 5 Fuss 6 Zoll über dem niedrigsten Wasserstande sind auswärts an jede Pfahlreihe Rahmen genagelt, die 6 Zoll hoch und eben so stark sind. In den Stössen, die immer gegen

Pfähle treffen, greifen diese Rahmen mit 14 Zoll langen
tern über einander. Auf diesen liegen die Zangen, die
oll hoch und 15 Fuss lang sind. An den Stellen, wo letz-
die Rahmen kreuzen, sind sie 3 Zoll tief eingeschnitten,
Rahmen selbst haben aber auch hier ihre volle Stärke. Die
ndwände, welche gegen die Pfahlreihen gestellt werden soll-
, bestanden aus einzelnen Theilen, von denen jeder 12 Fuss
g war und in folgender Art zusammengesetzt wurde. Indem
n die beiden Paare der Zwingen und die beiden äussern Spund-
hle durch Schraubenbolzen verband, so bildete sich ein ver-
iebbares Parallelogramm. Diese Spundpfähle, sowie alle übri-
, waren 4 Zoll stark und 21 Fuss lang, die Zwingen be-
den aus 4zölligen Bohlen von 9 Zoll Breite, hatten aber
t die volle Länge von 12 Fuss, um sich nicht gegenseitig
berühren. Beim Zusammensetzen der Zwingen wurden die
mtlichen zugehörigen Spundbohlen eingepasst. Man machte
ann mit dem Einrammen der beiden äussern Spundpfähle den
ang, welche durch die angebolzten Zwingen mit einander ver-
den waren, und daher sowohl oben als unten den bestimmten
tand behielten. Man sorgte auch dafür, dass die Enden der
ingen sich gegen die Pfähle lehnten. Sobald auf diese Art
Zwinge festgestellt war, so wurden die eingepassten Spund-
hle hineingeschoben und eingerammt, man nahm jedoch dar-
Rücksicht, dass die mittleren am spätesten bis zur vollen
fe herabgeschlagen wurden, damit die äussern weniger stark
egriffen und nicht etwa durch die Bolzen gespaltet werden
chten. Endlich blieb noch der Raum zwischen je zwei solcher
hmen auszufüllen und dieses geschah, indem man passende
ndpfähle auch hier einrammte. Die letzten wurden gleich-
s durch die Zwingen gefasst, denn jede derselben trat noch
ige Zoll weit vor und diente sonach zur sichern Führung des
etzt eingebrachten Spundpfahles. Fig. 234 zeigt diese An-
lnung. Es dürfte indessen nicht leicht gewesen sein, die von
ander ganz unabhängigen Zwingen so genau in einer Ebene
d parallel zu einander einzurammen, dass die Zwischenpfähle
h an beide scharf anschliessen konnten, und es scheint, dass
vortheilhafter gewesen wäre, wenn man, sobald ein Theil
r Spundwand bis zur vollen Tiefe eingerammt war, zuerst

den Zwischenpfahl und demnächst die zweite Zwinge eingestellt hätte. Um die Beschreibung dieses Fangedammes zu vervollständigen, bemerke ich noch, dass zwischen den fertigen Spundwänden der sandige und leichte Boden so tief ausgebaggert wurde, bis man auf eine feste Erde kam, durch welche keine Filtration zu besorgen war.

Wenn der Fangedamm eine grosse Höhe hat und sonach auch sehr breit werden muss, so gewährt die bisher beschriebene Anordnung nicht mehr die nöthige Sicherheit, indem bei dem vermehrten Drucke des Wassers ein Durchquellen leichter eintreten kann. Man muss daher eine Einrichtung wählen, wodurch die beim Füllen des Dammes vielleicht gebildeten undichten Stellen noch unterbrochen werden. Der sicherste Schluss erfolgt vor einer Bohlenwand, wenn die eingeschüttete und später stark angerammte Erde sich in der Richtung des Wasserdruckes dagegen lehnt. Bei der beschriebenen Constructionsart geschieht dieses nur einmal, ist also bei höhern Fangedämmen um so weniger genügend, als man in der grösseren Tiefe nicht mehr auf die compacte Ablagerung der Erde hinwirken kann. Aus diesem Grunde trennt man den Damm der Breite nach in zwei, auch wohl in drei Theile. Es tritt hierbei noch der Vortheil ein, dass für den obern Theil die halbe Stärke schon genügt und sonach der eine Kasten nur etwa halb so hoch zu sein braucht. Will man ihm aber diese geringere Höhe geben, so muss man den Wasserspiegel schon gesenkt haben, und hieraus folgt wieder, dass dieser niedrigere Theil auf der innern Seite des Dammes oder an der Baugrube sich befinden muss. Man kann ihn alsdann auf dieselbe Art, wie die Bankete, in der abgestochenen Erdwand zum Aufstellen mancher Utensilien und Materialien und zur Erleichterung der Communication benutzen. Fig. 236 zeigt eine Anordnung dieser Art. Man macht damit den Anfang, dass man einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch nur von der halben Breite, die er seiner Höhe nach erhalten sollte, ausführt. Alsdann werden die Schöpfmaschinen in Thätigkeit gesetzt, und sobald der Wasserspiegel bis zur Höhe des nächstfolgenden Theiles des Dammes gesunken ist, so wird dieser genau in derselben Art, wie der erste, ausgeführt. Es tritt in der Construction nur die Aenderung ein, dass

die innere Pfahlreihe des ersten Theiles auch für die-
enutzen, die Zangen auf einer Seite zwar über den
dritten Pfahlwand greifen lässt, auf der andern Seite
ie aber mit schwalbenschwanzförmigen Blattzapfen seit-
die Pfähle verkämmt und aufgenagelt. Eine Strebe,
zwischen jede solche Zange und den zugehörigen Pfahl
tzung eintreibt, giebt noch eine kräftige Stütze gegen
erdruck. Man hat auch vorgeschlagen, diese Verstre-
h bis unter den letzten Theil des Fangedammes fort-
und sie mit schrägen Pfählen zu verbinden, doch möchte
r halten, die letzteren einzurammen und jedenfalls würde
die Baugrube verengt werden.
n eine solche Spaltung des Fangedammes eintritt, so
lie Höhe jeder Stufe gegen die nächst vorhergehende
Fuss. Indem man die Breite des Dammes in seiner
he nur so gross macht, als oben angegeben ist, so
ei eine merkliche Verminderung des Quantums an Erde
he man zur Füllung braucht. In manchen Fällen mag
rtheil beachtenswerth sein, doch wird er die Mehrkosten
dritte Wand nicht decken und sonach darf man nicht
auf diese Art den ganzen Fangedamm wohlfeiler dar-

Fangedämme, die man in England ausführt, erhalten
Falle, wo sie sich bis über die höchsten Fluthen er-
eine sehr grosse Höhe und ihre Construction wird da-
ar schwierig, aber nichts desto weniger tritt auch wie-
Erleichterung ein, dass man zur Zeit der Ebben auch
unteren Theile manche Verstärkung anbringen kann,
onst unausführbar wäre. Ein anderer Vortheil, der aus
echselnden Wasserstande entspringt, bezieht sich dar-
s man die Füllungserde nicht in grosser Höhe aufge-
haben darf, bevor man sie anstampfen kann, sondern
ammen schon beginnt, sobald die Schüttung die Höhe
rigen Wasserstandes erreicht. Schon früher wurde be-
dass man bei diesen Fangedämmen nicht Spundwände,
dichte Pfahlwände ohne Spundung anwendet, gewöhnlich
er auch die davorstehende verholmte Pfahlreihe, wenn
nicht etwa zum regelmässigen Einrammen der dichten

Pfahlwand beibehalten wird. Auch die hölzernen Zangen
men bei diesen grösseren Fangedämmen nicht vor, ihre S
vertreten aber eine Menge von eisernen Bolzen, die nicht
oben, sondern in mehrfachen Reihen so weit abwärts
erstrecken, als man zur Zeit der niedrigsten Ebben sie
ziehn kann.

Um ein Beispiel von der Anordnung eines solchen Fa
dammes zu geben, wähle ich dasjenige, welches Hughes in
Abhandlung über die Fundirung der Brücken *) anführt. I
selbe eignet sich auch insofern zur Mittheilung, als die De
dabei genau angegeben sind und der Verfasser als Entrepre
mancher grossen Bauten Gelegenheit hatte, sich mit den E
dernissen eines Fangedammes genau bekannt zu machen.
237 zeigt im Querschnitte den Fangedamm, der von be
Seiten die Baugrube umgiebt, in welcher ein Brückenpfeiler
dem natürlichen festen Grunde erbaut werden soll. Es
angenommen, dass dieser Grund, welcher das Wasser
stark durchsickern lässt, auf 12 Fuss Höhe mit grobem
bedeckt ist, der sowohl aus der Baugrube, als auch au
Fangedämmen entfernt werden muss, um das Eindringen st
Quellen zu verhindern. Die Wassertiefe über dem Kie
beträgt zur Zeit der Ebben 10 Fuss und zur Zeit der F
28 Fuss, so dass der feste Grund, in welchen die Pfähl
dringen müssen, 40 Fuss unter den Fluthen liegt. Hi
bestimmt sich die Länge der Pfähle für die dichten Pfahlw
welche den höchsten Theil des Fangedammes einschliesse
len, auf 48 Fuss, indem sie noch 3 Fuss über die Flu
herausragen und 5 Fuss im festen Grunde stehn sollen.
Fangedamm wird in drei Abtheilungen zerlegt, zu deren
stellung vier dichte Pfahlreihen erforderlich sind; die mi
beiden sind die höchsten, die äussere erhebt sich bis 1
über den Wasserstand zur Zeit der Ebben und die inne
11 Fuss über denselben Wasserstand. Sie reichen säm
5 Fuss tief in den festen Grund. Die lichte Entfernung
Wände unter sich beträgt 6 Fuss und die Stärke der Pfä
den beiden mittleren Wänden ist 12 und 12 Zoll, in der

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. V.*

nd 12 und 8 Zoll und in der äussern 12 und 6 Zoll. Alles
e soll gerade gewachsen sein und aus der besten Sorte Me-
er Balken, also Kiefern, bestehn. Die beiden innern Wände
den oben zu beiden Seiten mit Zangen versehn von 6 Zoll
cke und 12 Zoll Höhe und durch eiserne Bolzen von 1¼ Zoll
cke mit einander verbunden. Diese Bolzen müssen starke
pfe haben von 3 Zoll im Gevierten und 1 Zoll Dicke und
der andern Seite muss jedesmal ein scharfes Schrauben-
winde eingeschnitten sein, worauf eine Mutter passt, welche
selben Dimensionen, wie der Kopf hat. Unter der Mutter
gt jedesmal eine Scheibe. Solche Verbindungsbolzen müssen
4 Fuss angebracht sein, sie liegen aber in drei Reihen
er einander und umfassen in der zweiten Reihe drei Wände
l in der untersten alle vier Wände. Das Ausbaggern der
ern Kiesschicht soll noch vor dem Beginne der Rammarbeit
genommen werden, indem diese dadurch wesentlich erleich-
t wird.

In der mitgetheilten Figur zeigen sich noch die Absteifungen
r beiden Fangedämme gegen einander und gegen den bereits
tigen Theil des Brückenpfeilers. Hierdurch unterscheiden sich
englischen Fangedämme wesentlich von den bei uns üblichen.
i der von Telford ausgeführten Eingangsschleuse in die St.
tharine's Docke in London wurde ein Fangedamm benutzt,
dem beschriebenen sehr ähnlich war und gleichfalls aus drei
heilungen bestand; die Absteifungen kamen auch hier vor,
leich die Schleuse auf einem Pfahlrost erbaut ist. *)

Eine solche Absteifung ist indessen nicht leicht anzubringen,
Pfähle eingerammt werden, indem das Versetzen der Ramme
urch sehr erschwert wird. Am leichtesten ist es, in diesem
le den Fangedamm so weit herauszurücken, dass die Steifen
h dahinter Platz finden. In solcher Art wurde beim Bau des
ten Parlamentshauses neben der Westminster-Brücke in Lon-
der eigentliche Fangedamm so weit vor das Fundament in
Flussbette herausgeschoben, dass zwischen beiden ein Raum
n 25 Fuss Breite frei blieb. Dieser Fangedamm bestand nur
s einer einzigen Abtheilung, die jedoch auf ähnliche Art, wie

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. II. p.* 430 ff.

eben erwähnt, ausgeführt wurde. Die Breite der Thonschi
betrug nur 5 Fuss, aber ihre Höhe über dem natürlichen
21 Fuss, und sie erstreckte sich noch 9 Fuss darunter, i
vor dem Beginne der Rammarbeit so tief gebaggert war.
Fangedamm hatte indessen hier noch auf andere Art eine w
liche Verstärkung erhalten, denn zunächst umgab ihn a
innern, sowie auch auf der äussern Seite eine Pfahlreihe,
die Pfähle 6 Fuss von Mittel zu Mittel entfernt waren und
wurde gleichfalls durch drei Reihen Bolzen gehalten. An
innern Seite lehnte sich an diese Pfähle eine Verstrebung,
von einer fünften Pfahlreihe, die 20 Fuss hinter dem F
damme stand, getragen wurde. *)

Beim Bau der neuen London-Brücke bestand der 35
hohe Fangedamm aus zwei Abtheilungen von gleicher
welche wieder durch drei dichte Pfahlwände gebildet w
Die äussere Abtheilung hatte eine lichte Breite von 6 Fu
die innere von 5 Fuss, sie waren unter sich mehrfach un
nicht nur durch eiserne Bolzen, sondern auch durch Span
verbunden. Eine sehr feste Verstrebung aus vielen V
stücken zusammengesetzt, worunter sich auch zwei Reih
zontaler doppelter Balken befanden, erstreckte sich et
Fuss rückwärts **). Dieselben wurden nach und nach
sobald sie der Aufführung des Pfeilers hinderlich wur
konnten alsdann durch kürzere Streben, welche sich g
fertige Mauerwerk lehnten, ersetzt werden. Ein wichti
spiel einer ähnlichen Verstrebung ist auch in Venedig
kommen, als man daselbst im Jahre 1808, um den
Kriegsschiffe brauchbar zu machen, durch das Bassin N
grande einen Fangedamm schlug ***) und diesen gegen
Fuss entfernten Mauern und Gebäude lehnte. Die Str
standen aus den grössten Stämmen der Edeltanne, die d
dem Namen Albec zu Masten benutzt werden, sie ha
unter eine Länge von 40 Meter (127 Fuss) und sind am
ende 3 bis $4\frac{1}{2}$ Fuss stark.

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. I.* p. 3

**) *Practical treatise on bridge-building by Cresy.*

***) *Nouvelle Collection de dessins etc.*

enn der Baugrund bis zu einer grossen Tiefe aus weichem
me besteht, in welchem die Pfähle keinen sichern Stand
nen, so wird die Anlage von Fangedämmen sehr schwie-
ndem diese durch den Wasserdruck in die Baustelle hinein-
ngt werden. Ein solcher Fall ereignete sich in Holland,
an die Eingangsschleusen zu den Hafenbassins vor Amster-
erbaute *), und das Mittel, welches man dagegen anwandte,
g sich nur darauf, den Grund durch sehr starke Belastung
comprimiren und dadurch fester zu machen. Die gewöhn-
en schmalen und von Holzwänden eingeschlossenen Fange-
mme können einen solchen Zweck nicht mehr erfüllen, es
rd vielmehr nöthig, Erdmassen in sehr breiten Profilen aufzu-
hütten und dadurch einen Druck zu erzeugen, der nach und
ich den Untergrund befestigt, in ähnlicher Art, wie Telford
ie Eingangsschleuse am östlichen Ende des Caledonischen Ca-
ales bei Clachnacarry erbaute, wovon früher die Rede gewe-
en ist (§. 33).

Zuweilen kann man die Fangedämme nicht mit dem Grunde, auf welchem sie stehn, in gehörige Verbindung setzen, weil das Einrammen von Pfählen entweder wegen der grossen Tiefe oder wegen des unreinen und felsigen Bodens nicht möglich wird. Ein interessantes Beispiel dieser Art war der Fangedamm, welcher bei der Aussprengung des Vorhafens für den Kriegshafen zu Cherbourg die Mündung desselben gegen die See schloss. Diese Mündung traf auf eine Stelle, wo das natürliche Ufer zurücktrat und die erforderliche Wassertiefe schon vorhanden war. Die beiden Hafendämme, welche auf der Nord- und Südseite sie begrenzen, bestehn grossentheils nur aus Schüttungen von den Steinen, welche bei den Sprengungsarbeiten gewonnen waren, doch folgen sie einigermaassen dem Zuge des natürlichen Ufers und den davorliegenden Felsbänken, woher die Wassertiefe darunter und namentlich auf ihrer innern Seite nicht bedeutend ist. Der Wasserzudrang verminderte sich hier noch durch die grosse Breite dieser Hafendämme, sowie auch dadurch, dass man nicht nur die grössten Steine, sondern das

*) Henz, der Hafen von Amsterdam; in den Verhandlungen des Gewerbevereins 1832. S. 172.

sämmtliche beim Sprengen gewonnene Material zu ihrer Sc
tung benutzt hatte. Um die Sprengungsarbeiten im Hafen
zu der erforderlichen Tiefe, nämlich bis 30 Fuss unter
Wasserstand der Ebbe fortzusetzen, musste die erwähnte M
dung mittelst eines Fangedammes geschlossen werden. D
bestand in einem grossen gezimmerten Kasten, dessen L
mit der Breite der Mündung übereinstimmte und 142 Fuss
trug. Derselbe war am Boden 84 Fuss breit, oben 44
und seine Höhe maass 45 Fuss. Er bestand eigentlich nu
einer vordern und einer hintern Wand: Boden und Seitenw
fehlten ihm, damit die eingeschüttete Erde alle Unebenh
die sie berührte, ausfüllen und sich an recht vielen Pu
mit dem Grunde und mit den Dossirungen der Hafendämme
binden könnte. Man hielt indessen diesen Kasten allein
für ausreichend, um dem Drucke des Wassers und dem W
lenschlage genügenden Widerstand zu leisten, daher schüttete
man an der innern Seite noch eine Erddossirung von etwa 45
Krone, deren Fuss sich an eine verstrebte dichte Holz
lehnte*).

In andern Fällen, wo Fangedämme auf Felsboden e
waren, hat man sie noch dadurch gegen das Verschieben d
den Wasserdruck gesichert, dass Bohrlöcher in den Grun
getrieben und eiserne Dübel oder Anker daselbst eingelassen
wurden. Dieses Verfahren ist z. B. beim Bau der Schleus
Corpach, welche auf der westlichen Seite den Eingang i
Caledonischen Canal bildet, angewendet worden.**) Das
ist auch bei Kösen geschehn, als man die Futtermauer da
auf eine grosse Länge in das Bette der Saale stellte, un
Damm der Thüringer Eisenbahn dagegen zu lehnen.

Wo ein Fangedamm gegen höheres Ufer ausläuft,
so muss er in dasselbe noch eine Strecke hineingeführt werden,
damit zwischen beiden nicht das Wasser durchdringen kann. Der
Anschluss eines Fangedammes gegen Felsen, sowie gegen Ma
und überhaupt gegen fremdartige Körper, welche sich mi

---

* In Sganzin's programme ist ein Querschnitt dieses Fange
mes mitgetheilt.

** Life of Telford pag. [illegible]

Erde nicht innig verbinden, giebt leicht Veranlassung zum Durchquellen des Wassers. Um diese Besorgniss zu entfernen, muss man in solchem Falle die Breite des Dammes vergrössern, damit die Berührung, wenn sie auch nicht so innig ist, doch auf eine grössere Fläche sich ausdehnt und dadurch der Strömung um so mehr Hindernisse entgegenstellt. Ferner ist es vortheilhaft, die Fläche möglichst uneben zu machen und mit tiefen Querschnitten zu versehen, auch wendet man in solchem Falle zuweilen noch anderes Material, als die Erde, zur Bewirkung eines bessern Schlusses an; hierher gehört namentlich der Mist, der an Steine fester haftet. Auch stösst man zuweilen Latten, die mit Stroh umwunden sind, in die Ecken des Fangedammes neben Mauern oder an steilen Felsen ein. Beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier führte Régemortes über dem Bohlenboden, den er versenkt hatte, noch einen Fangedamm auf, um das Wasserschöpfen nicht über die ganze Baugrube ausdehnen zu dürfen. Dieser Fangedamm bestand aber aus hölzernen Kasten, die mit Boden versehen waren. Es wird angeführt, dass diese Boden aus zweizölligen Bohlen gebildet waren, denen man unten durch Einhauen eine rauhe Fläche gegeben hatte, damit sie um so besser haften möchten, auch streute man vorher etwas Thon auf die Stelle, wo sie stehn sollten.

In ähnlicher Art, wie in dem Anschlusse gegen fremdartige Körper, pflegt die Füllerde auch in den scharfen Ecken eines Fangedammes eine sehr lockere Lage zu behalten, da wegen der vielfachen Berührung mit den Wänden ein gehöriges Setzen nicht erfolgen kann, auch die umschliessenden Holzwände sich in solchen scharfen Ecken nicht so dicht darstellen lassen, wenigstens wird dieses immer der Fall sein, wenn man keine Spundwände benutzt. Die letztern sind freilich zur Bildung jeder beliebigen Ecke geeignet, indem man sie nur gegen gehörig geformte Nuthpfähle stellen darf. Man bemüht sich indessen immer, bei Fangedämmen scharfe Ecken zu vermeiden, und wo die Richtung derselben etwa unter einem rechten, oder gar unter einem spitzen Winkel verändert werden muss, da pflegt man die Ecke zu brechen und dafür zwei stumpfe Winkel darzustellen. Die Holme werden in allen Ecken des Fangedammes überblattet. In England ist es ganz gewöhnlich, die Fangedämme nicht in

gebrochenen Linien, sondern in Kreisbogen um die Baustelle zu führen, wodurch man noch den Vortheil erreicht, dass sie nicht leicht eingedrückt werden, vielmehr wie ein horizontales Gewölbe dem Drucke einen starken Widerstand entgegensetzen, was namentlich bei weichem Untergrunde von grossem Nutzen ist.

Es bleibt noch übrig, zu untersuchen, auf welche Art man den Fangedamm am sichersten wasserdicht macht. Die Holzwände sind in der Regel nicht mit der Sorgfalt bearbeitet, dass sie diesen Zweck erfüllen könnten; unmöglich ist dieses freilich nicht, indem Holzwände in vielen andern Fällen nicht nur einen starken Wasserdruck abhalten, sondern dabei auch einen genügenden Schluss zeigen, wie z. B. in den Schützen der Freiarchen, in den Thoren der Schiffsschleusen, bei den Dammbalken und in andern Verbindungen. Man hat zuweilen auch einfache Spund- oder Balkenwände durch sorgfältige Bearbeitung und sehr vorsichtiges Einrammen wasserdicht gemacht, so dass sie die Stelle der Fangedämme vollständig versahn, wobei es jedoch meist noch nöthig war, sie durch kräftige Absteifungen zu unterstützen. Es ist bereits erwähnt worden, dass dieses bei Carlskrona geschah. Auch bei den Fundirungen der Brückenpfeiler in der Havel bei Potsdam und Werder, so wie in der Elbe bei Wittenberge in der Potsdam-Magdeburger und Magdeburg-Wittenberger Eisenbahn sind statt vollständiger Fangedämme nur geschlossene Balkenwände benutzt worden, und eine solche Umschliessung eines Pfeilers in der Brücke auf der westlichen Seite von Potsdam hielt einen Wasserdruck von 20 Fuss so vollständig ab, dass die Schöpfmaschine nur selten in Bewegung gesetzt werden durfte. Dabei muss aber noch erwähnt werden, dass die Fugen zwischen den eingerammten Balken nicht künstlich gedichtet waren, wovon man sich in der Baugrube sehr sicher überzeugen konnte.

Auch in Frankreich hat man beim Bau der Schiffsschleuse im Hafen zu la Rochelle und ebenso bei Anlage der trocknen Docke im Hafen zu Lorient durch einfache Pfahlwände, die sehr stark verstrebt waren, den hohen Wasserstand abgehalten. Andererseits hat man auch Versuche gemacht, dergleichen Holzwände, wenn sie nicht mit hinreichender Sorgfalt bearbeitet waren, dadurch zu dichten, dass man wasserdichte Leinwand davor abrollte. Beaudemoulin stellte hierüber Versuche an und fand, dass man

auf diese Art ganz sicher einen Wasserdruck von 1,4 Meter oder 4½ Fuss abhalten und zugleich auch das Durchsickern verhindern konnte. Er empfiehlt daher, hiervon Gebrauch zu machen, sobald man bemerkt, dass die auf gewöhnliche Art construirten Fangedämme sehr undicht werden und stellenweise das Wasser stark durchlassen.

Zum Füllen der Fangedämme muss man eine feine, recht gleichmässige Erdart wählen, welche gut bindet, ohne sich beim Einschütten in einen weichen Brei zu verwandeln und ohne Höhlungen in sich entstehn zu lassen. Eine Hauptbedingung ist es aber, dass keine Holzstücke oder andere fremdartige Körper mit hineingeworfen werden, oder vielleicht schon beim Bau des Fangedammes hineingebracht sind, denn neben diesen findet das Wasser immer einen leichten Durchgang. Bei den englischen Fangedämmen könnten die durchgezogenen Bolzen in dieser Beziehung auch als nachtheilig angesehn werden: an den eisernen Bolzen haftet indessen die Erde weniger, als an Holz und ein Bolzen bietet wegen seiner geringen Dicke auch keine grosse Berührungsfläche. Alle diese Bolzen sind endlich auch über dem niedrigen Wasser befindlich und hindern sonach nicht die gehörige Ablagerung der Erde im untern Theile des Fangedammes, denn wo sie vorkommen, da kann die Erdschüttung schon nachgerammt werden, und wenn dieses geschehn ist und die weitere Füllung in dünnen Schichten und unter stetem Anstampfen erfolgt, so lässt sich jeder freie Raum vollständig beseitigen. Sonach wird der Nachtheil dieser Bolzen sehr geringe oder er verschwindet ganz.

Gewöhnlich wird ein recht zäher Thon für das beste Material zur Füllung der Fangedämme gehalten, und wenn auch nicht bezweifelt werden kann, dass diese Bodenart, wenn sie in dünnen Schichten von unten auf eingebracht und angestampft werden könnte, die Wasserdichtigkeit am sichersten darstellen würde, so treten ihrer Anwendung unter Wasser doch manche Schwierigkeiten entgegen. Man darf den Thon nicht in sehr nassem Zustande benutzen, weil er sonst beim Einschütten vollends erweicht und alsdann eine dicke Flüssigkeit bildet, die selbst durch die Fugen hindurchdringt; man wirft ihn daher klumpenweise, wie er gestochen wird, in den Fangedamm hinein. Hierdurch verhindert man seine dichte Ablagerung, für die man auch nicht füglich

früher etwas thun kann, bis man mit der Schüttung über Wasser gekommen ist. Man bemüht sich, dieses möglichst schnell zu erreichen, um das starke Aufweichen zu verhindern, liegt der Thon aber schon mehrere Fuss hoch, so wirkt die Handramme, oder die Stampfe, die man benutzt, nicht mehr bis zur ganzen Tiefe herab und so können leicht bedeutende Höhlungen sich unten gebildet haben, die nicht zu beseitigen sind, und deren Vorhandensein man auch nicht früher bemerkt, als bis man beim Wasserschöpfen starke Quellen durch den Fangedamm hindurchdringen sieht. Es zeigt sich hierbei aber auch noch der zweite Uebelstand, dass die Wasseradern, die sich zufällig in solchem Boden bilden, die feinen Thontheilchen, die sie berühren, aufnehmen und mit Leichtigkeit durch die engsten Fugen hindurchführen. Auf diese Art erweitern sich also die Adern immer mehr und die Zähigkeit des Thones ist Veranlassung, dass die obere Decke eines solchen feinen Canales nicht einstürtzt, sondern wie ein Gewölbe sich sehr sicher erhält. Man darf sonach, wenn die Ausfüllung in tiefem Wasser geschehn muss, von der Anwendung eines recht steifen Thones keinen günstigen Erfolg erwarten, vielmehr können sich hier noch stärkere Wasseradern bilden, als selbst bei einer Sandschüttung zu besorgen wären. Schon Perronet erwähnt bei Gelegenheit des Baues der Brücke zu Neuilly, dass der fette Thon zum Füllen der Fangedämme nicht geeignet ist, weil er zu viele Höhlungen bildet, die man selbst in dem Falle nicht beseitigen kann, wenn man ihn auch unter Wasser zu stampfen versucht; dass dagegen gewöhnliche Ackererde sehr brauchbar ist.

Beim Sande, den man oft als ganz untauglich zum Füllen der Fangedämme ansieht, können die erwähnten Uebelstände nicht eintreten, und wenn dabei einiges Durchsickern auch nie zu vermeiden ist, so ist man doch vor sehr starken Quellen gesichert. Wenn aber die innere Holzwand, wogegen der Sand sich lehnt, so dicht ist, dass einzelne Sandkörnchen nicht hindurchdringen können, so lagern sie sich bei dem eintretenden Wasserdrucke und vermöge der geringen sich dabei bildenden Strömung noch um so fester gegen die Wand und vermehren hierdurch den guten Schluss. Es soll später bei Gelegenheit der Schiffahrtscanäle erwähnt werden, welche ausserordentliche Vortheile man in

Zeit sowohl in Frankreich als auch in England vom feinen Sande gezogen hat, um das Durchsickern des Wassers zu verhindern. Es fehlt auch nicht an Beispielen, welche zeigen, dass Fangedämme aus Sand und besonders aus feinem Sande das Wasser sehr gut abhielten, der Fig. 231 dargestellte auf Böcken erbaute Fangedamm war nur mit Sand beschüttet und hielt nicht nur das Wasser gehörig ab, sondern als der Fluss plötzlich anschwoll und ihn ½ Meter oder 19 Zoll hoch überströmte, so litt er dabei gar nicht. Auch in manchen andern Fällen und namentlich bei den Bauten an den Meeresküsten, wo man aus Mangel an andern Materialien zuweilen reinen Sand zu Fangedämmen benutzen musste, haben diese ihren Zweck ganz genügend erfüllt. Hierher gehört auch, dass man einen Fangedamm beim Bau der Humber-Docke in Hull, der jedoch nur das Fluthwasser von der Baustelle abhalten sollte, zwischen den beiden dichten Pfahlwänden mit Ziegelmauerwerk anfüllte, wobei die Steine nicht in Mörtel, sondern nur in Sand versetzt waren.*)

In neuerer Zeit hat man mehrfach versucht, durch besondere Beimischungen die natürliche Erde, wie sie gerade in der Nähe zu haben ist, für die Füllung der Fangedämme geeigneter zu machen. So setzte man schon bei den Bauten am Canale St. Martin zu diesem Zwecke der sandigen Erde $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ ihres Volumens an Kalk zu und beim Bau der Brücke du Sault über die Rhone wurde der sehr strenge Boden mit $\frac{1}{10}$ Kalkbrei vermengt und stark durchgearbeitet, bevor man damit den Fangedamm füllte. Hughes äussert sich auch dahin, dass der strenge Thon (*clay*) ohne Beimischung bei tiefem Wasser nicht angewendet werden darf, indem er sich nicht dicht ablagert, man ihm vielmehr noch andere Stoffe zusetzen muss. Als eine sehr brauchbare Mischung zum Füllen der Fangedämme empfiehlt er drei Theile reinen Klai, zwei Theile Kreide (*chalk*) und einen Theil Kies (*gravel*); die beiden letzten Bestandtheile sollen klein geschlagen werden, so dass kein Stein grösser als ein Hühnerei bleibt, und Alles ist vor dem Gebrauche tüchtig durchzurühren. Dabei wird noch bemerkt, dass es in England üblich sei, den Fangedamm in der Krone einen Fuss hoch in Ziegeln auszumauern, Hughes meint jedoch,

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p* 15.

dass man eine eben so feste und noch dichtere und zugleich viel wohlfeilere Decke darstellen kann, wenn man eine Bétonlage von recht grobem Kiese aufbringt.

Endlich sind hier noch die Mittel zu erwähnen, die man in Anwendung bringen kann, sobald man bemerkt, dass der Fangedamm seinen Zweck nicht erfüllt und grosse Wassermassen hindurchtreten. Ein Stopfen, den man auf der innern Seite anbringen wollte, würde leicht durch das Wasser herausgedrängt werden, und wenn überdies die Wasseradern schon durch den ganzen Damm hindurch bis gegen die innere Seitenfläche dringen, so bilden sie sich, sobald ein Ausweg hier verstopft wird, sogleich einen andern in der Nähe. Wenn also der Leck gedichtet werden soll, so kann dieses nur auf der äussern Seite oder im Innern des Dammes geschehn. Von aussen verhindert indessen der Wasserstand einen solchen Versuch, und es bleibt nur übrig, Gegenstände zu versenken, die vielleicht eben durch die hindurchdringende Wasserader gefasst und vor die Oeffnung geführt werden. Zu diesem Zwecke dürfte sich die wasserdichte Leinwand gut eignen, auch gelingt es zuweilen, davorgeschütteten Mist, der mit viel Stroh vermengt ist, in die Oeffnung hereinzuziehn und selbige dadurch zu sperren. Das Verfahren, das aber in ähnlichen Fällen bei Canälen mit überraschendem Erfolge angewendet ist, lässt auch für die Dichtung der Fangedämme wenigstens in vielen Fällen dieselbe Wirkung erwarten. Man schüttet nämlich weit verbreitet feinen Sand in das Wasser vor die Stelle, wo man die Wasseradern vermuthet; die einzelnen Sandkörnchen sinken sehr langsam zu Boden und folgen daher jeder Seitenbewegung des Wassers. Auf solche Art werden sie zum Theil auch in den Fangedamm hineingezogen und finden hier leicht ein Hinderniss, welches sie zurückhält. So kann es geschehn, dass ein Körnchen sich an das andere lagert, bis zuletzt die Ader gesperrt ist. Die geringe Mühe, womit ein solcher Versuch sich anstellen lässt, dürfte ihn rechtfertigen, wenn man auch wenig Zutrauen dazu hat, und ein Misslingen dabei leichter als bei einem Canale ist, wo die Wasserader durch einen viel längeren Weg sich hindurchziehn muss und daher solche zufällige Hindernisse für die einzelnen Sandkörnchen weit eher stattfinden können. Gewöhnlich bemüht man sich, eine undichte Stelle im Fangedamme dadurch zu verbessern, dass man

die entstandene Höhlung im Innern zu beseitigen sucht. Man rammt die schadhafte Stelle recht fest an, und wenn dieses nichts hilft, so gräbt man die Erdschüttung so tief auf, als der Wasserstand es erlaubt und wendet alsdann wieder die Ramme an, oder man baggert auch die Erde aus und füllt die Stelle ganz neu. Hierbei muss man natürlich die Baugrube voll Wasser laufen lassen, denn wenn die Strömung während dieser Arbeit immer hindurchginge, so würde die Sperrung der Ader um so schwieriger werden.

Die Grundfangedämme haben, wie bereits erwähnt, den Zweck, das Durchströmen des Wassers in der Sohle der Baugrube zu verhindern, und finden daher im leicht durchdringlichen Kiesboden, sowie auch im Sandboden Anwendung, denn wenn der Sand auch eine ziemlich dichte Seitenwand bilden kann, so lässt sich das von unten heraufdringende Wasser durch ihn doch nicht zurückhalten, er giebt vielmehr der Strömung nach und lagert sich so lose, dass er Triebsand bildet, wodurch die Quellen an Stärke zunehmen. Diese Durchströmung und sonach auch die Auflockerung des Grundes wird verhindert, indem man darüber eine für das Wasser undurchdringliche Schicht anbringt und man nennt eine solche den Grundfangedamm. Die Bétonbettungen sind eigentlich sehr nahe dasselbe, da diese jedoch zugleich das untere Banket des Fundamentes bilden und ihre vielfache Anwendung in neuerer Zeit eine ausführlichere Beschreibung erfordert, so soll später von ihnen besonders die Rede sein.

Die wichtigste Anwendung eines Grundfangedammes machte Régemortes beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier. Das Flussbette bestand aus feinem Sande und die ausgeführten Bohrungen zeigten, dass dieser wenigstens auf 47 Fuss Tiefe herabreichte. Die Brücke, welche der bekannte Hardouin Mansard daselbst im Jahre 1705 erbaut hatte, war wenige Jahre später bei einer Fluth eingestürzt und die Veranlassung dazu lag in den tiefen Auskolkungen, die sich neben den Brückenpfeilern bildeten, deren Wirkung man aber nicht durch eine tiefere Fundirung vorgebeugt hatte, weil kein Pfahl weiter als höchstens bis auf 15 Fuss eingerammt werden konnte. Régemortes stellte sich daher die Aufgabe, das ganze Flussbette unter der Brücke zu befestigen, so dass eine Auskolkung darin nicht möglich wäre.

Um dieses zu bewirken, war eine wasserfreie Baugrube nothwendig. Inwiefern dieses möglich war, sollte ein Versuch neben dem Ufer des Flusses entscheiden. Es wurde eine Grube von 42 Fuss Länge und Breite ausgehoben, mit Pfahlreihen und Spundwänden eingefasst und alsdann bis 6 Fuss unter den Sommerwasserstand ausgebaggert, darauf stellte man zwei Kettenpumpen hinein, doch konnte man mittelst derselben das Wasser nur um 15 Zoll senken. Nunmehr wurde ein Fangedamm aus Erde rings herum angebracht, so dass die Grube nur noch 30 Fuss in der Seite maass, dieselben Schöpfmaschinen senkten darauf das Wasser Anfangs 4 Fuss, doch bald fing es wieder an zu steigen und liess sich nicht mehr tiefer als bis auf 18 Zoll unter das Wasser des Flusses senken. Das anfänglich tiefere Herabsinken schien von den Erdtheilchen herzurühren, die sich beim Schütten der Fangedämme gelöst hatten und auf die Sohle niedergefallen waren. Nunmehr wurde noch die Sohle 4 Zoll hoch mit Erde bedeckt und darauf gelang es, das Wasser sehr schnell bis auf 5 Fuss zu senken, doch hob es sich nach und nach und stieg während des Pumpens zuletzt wieder auf 18 Zoll.

Dieser Versuch entschied für das Project, den Boden mit Thon zu bedecken, und durch eine andere Beschwerung zu verhindern, dass der Thon nicht aufgespühlt werden konnte. Zuerst wurden fünf Reihen Spundpfähle eingerammt, nämlich zwei derselben oberhalb der Brücke und drei unterhalb. Sie erstreckten sich nämlich von einem Ufer bis zum andern und die zweite und dritte Spundwand trafen auf die Ecken der Pfeilerköpfe. Alle vier Räume zwischen den Spundwänden mussten nun bedeckt werden: man baggerte sie zuerst bis zu der erforderlichen Tiefe aus und da sich auf diese Art noch nicht ein so ebener Grund darstellte, als zur Aufbringung der Thondecke nöthig war, so wurde noch eine besondere Ausgleichung desselben durch Abstreichen vorgenommen. Eine hölzerne Schiene wurde nämlich an ein Fahrzeug befestigt und konnte so gerichtet werden, dass ihr unterer Rand horizontal und in jede beliebige Tiefe zu stellen war. Sobald man das Fahrzeug durch Winden vorwärts bewegte, so strich die Schiene längs dem Boden und ebnete ihn.

Hierauf erfolgte die Versenkung des Thones, der den Boden bedecken sollte. Ein Rahmen von 13 Fuss Breite und 60 Fuss

e hing zwischen zwei Fahrzeugen; der Boden desselben war artig aus einzelnen Stäben zusammengesetzt und die Oeff- en dazwischen von 8 Zoll Breite liessen sich durch Klappen essen, die nach unten aufschlugen. Fig. 238 Taf. XX zeigt Anordnung im Querschnitte und zwar *a* in der Stellung, i die Klappen geschlossen und *b* wenn sie geöffnet sind. In en Figuren bezeichnet *B* den festen Rahmen und *A* den Hebel, zur Bewegung der Klappen dient; von diesen Hebeln waren Ganzen zehn angebracht. Der Rahmen wurde, nachdem die ppen geschlossen waren, gleichmässig 1 Fuss hoch mit m und zerschlagenem Thone überdeckt, und sobald man Klappen öffnete, fiel der Thon eben so gleichmässig auf geebnete Bette zwischen den beiden Spundwänden herab. var dafür gesorgt, dass der Rahmen ganz regelmässig ver- werden konnte, so dass keine Stelle der Baugrube un- hüttet blieb, auch keine zweimal beschüttet wurde. Die obern kantigen Bohlen, welche die Figuren zeigen und welche beim erlegen der Hebel auf den Rahmen herabgedrückt wurden, en als Lehren beim Einbringen und Abstreichen des Thones, res geschah, indem ein grosses Lineal der Länge nach dar- geführt wurde.

War diese Arbeit vollendet, so erfolgte die Ueberdeckung der ischicht mittelst Tafeln von 12 Fuss Länge und 12 Fuss e, die aus ¾zölligen Dielen durch übergenagelte Leisten zu- nengesetzt waren. Alle Tafeln, welche neben den Spundwänden egen kamen, wurden an der Seite, wo sie die letztern be- en, nach deren Form genau zugeschnitten. Eine Latte, welche senkrecht längs der innern Seite der Spundwand so hinzog, ihr vortretendes unteres Ende in der Höhe des Bodens die idwand berührte, bezeichnete durch ihre Ausweichungen alle enheiten, die hier vorhanden waren, und man konnte diese ch auf der Tafel gleichfalls darstellen und dadurch einen en Schluss bewirken. Das regelmässige Versenken der Ta- geschah, indem auf die Ecken jeder Tafel eine Leitschiene eschroben war, die bei der Versenkung der Tafel schon be- t wurde, um letztere regelmässig herabzulassen; an diese schienen liessen sich aber auch die der benachbarten Tafeln stigen, wodurch alle regelmässig und dicht schliessend nieder-

gelegt wurden. Um jedoch einen noch bessern Schluss hervorzubringen, waren Streifen von Zwillich auf die Ränder genagelt. Die Leitschienen wurden nicht früher ausgeschroben und entfernt, als bis die benachbarten Tafeln bereits am Boden lagen. Um das Aufschwimmen der Tafeln zu verhindern, hatte man dieselben schon beim Herablassen mit kleinen Steinen beschwert.

Nachdem auf solche Art der Boden gedichtet war, führte man erst die Fangedämme auf und setzte die Schöpfmaschinen in Bewegung, wobei das Wasser sich regelmässig senkte und die Baugrube trocken wurde. Der Wasserstand über dem Boden betrug 8 Fuss und alle erwähnten Arbeiten waren in der Tiefe von 8 bis 9 Fuss unter Wasser ausgeführt. Auf die Tafeln, die nunmehr eine gleichmässige und starke Beschwerung erhielten, wurden die Brückenpfeiler gestellt, so dass jene ungefähr einen liegenden Rost bildeten, aber auch der ganze Raum oberhalb und unterhalb der Brücke, wurde 6 Fuss hoch ausgemauert und der obere Theil dieses Mauerwerks bestand in einem regelmässigen 18 Zoll hohen Pflaster. Die äussern Spundwände erhielten Fachbäume, die mit der Oberfläche des Pflasters bündig waren, über die innern Spundwände wurde dagegen das Mauerwerk herübergeführt. Bei diesem ganzen Bau ereignete sich kein namhafter Unfall und die Brücke hat sich, soviel bekannt geworden, gut gehalten. Zur Zeit des niedrigen Sommerwasserstandes beträgt die Wassertiefe über den Fachbäumen oder der Grundmauer 2 Fuss. Die Brücke hat 13 Bogen von 60 Fuss Spannung, während die Profilweite der frühern Brücke kaum die Hälfte maass. *)

Beim Bau der Spühlschleuse in Dieppe, die in einem Caisson, also ganz ohne Wasserschöpfen erbaut wurde, wendete Cessart gleichfalls eine Thonschüttung an, um die Bildung starker Wasseradern dicht unter dem Schleusenboden zu verhindern. Die Maschine, die er zum Versenken des Thones benutzte, war der beschriebenen sehr ähnlich und unterschied sich nur insofern davon, als die

---

*) Die ausführliche Beschreibung dieses Baues, erläutert durch sehr klare Zeichnungen, enthält das bereits citirte Werk von Régemortes: „*Description du nouveau pont de pierre construit sur la rivière d'Allier à Moulins.* 1771.“

zelnen Klappen sich unmittelbar berührten und sich um Axen wegten, welche an den Rahmen befestigt waren; auf solche Art nnten die starken Gitterstäbe entbehrt werden. Der Thon war dem Gebrauche gut getrocknet und pulverisirt. Zur Bedeckung s Thones dienten Moosmatratzen, auf denen der Boden des issons oder der liegende Rost ruhte; nichts desto weniger rde durch alle diese Vorsichtsmaassregeln das Durchströmen s Wassers nicht verhindert und die Schleuse stürzte nach wenig ren ein. Es war jedenfalls viel gewagt, dass man durch einen n, der nur auf den Kiesboden gestellt war und nirgend in selben eingriff, den hohen Wasserstand der Fluth abhalten llte, der zur Zeit der Springfluthen sich hier 30 Fuss über die ben erhebt.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass die Bedeckung es Sandes mit Thon in der Sohle der Flussbetten auch zuweilen n einem andern Zwecke vorgenommen worden ist; so geschah ieses durch Rennie beim Bau der Lary-Brücke bei Plymouth. Es zeigten sich nämlich sehr bedenkliche Auskolkungen neben den Brückenpfeilern, so dass man für deren Erhaltung besorgt wurde, und man bedeckte deshalb das Bette mit einer starken Thonlage, worüber noch 2 Fuss hoch grosse Steine geworfen wurden, von denen jeder etwa einen Cubikfuss maass.

§. 45.

Trockenlegung der Baugrube.

Das Ausschöpfen tiefer Baugruben ist häufig mit grossen Schwierigkeiten verbunden, namentlich wenn der Bau in der Nähe eines Flusses oder Sees oder Sumpfes vorgenommen wird und der Boden von der Beschaffenheit ist, dass die Quellen mit Leichtigkeit hindurchdringen. In derselben Art wie ein Brunnen, der an einer solchen Stelle ausgeführt wird, nicht versiegt, so sammelt sich das Wasser auch in der Baugrube, und jemehr man es durch Pumpen oder Schöpfen senkt, um so reicher wird auch der Zufluss, indem der Wasserdruck, unter welchem die Quellen hineintreten, sich durch diese Senkung verstärkt. Die Schwierigkeiten, welche der Trockenlegung der Baugrube sich entgegen-

46*

stellen, werden zuweilen so gross, dass man mit den vorh
Schöpfmaschinen nicht ausreicht, denn wie kräftig die
sein mögen, so setzt die Vermehrung des Zuflusses bei
nehmenden Senkung des Wasserspiegels ihrer Wirksamk
endlich eine Grenze, und so giebt es jedesmal eine gewis
bei der eben so viel Wasser zufliesst, als die Maschi
und alsdann ist eine fernere Senkung nicht mehr möglich
tiefe Wasserstand findet aber nur statt, wenn die Ma
voller Wirksamkeit erhalten wird; sobald eine Unterbrech
tritt, steigt sogleich das Wasser und die Maschine mu
einige Zeit hindurch gearbeitet haben, bevor die Senkung
früheren Tiefe erfolgt. Sehr vortheilhaft ist es, wenn die
Grenze oder die Tiefe, bis zu welcher die Maschine da
senken kann, weit unter der Sohle der Baugrube liegt.
Falle darf das Pumpen auch nicht ununterbrochen f
werden, denn das Grundwasser in der Baugrube und zu
der nächsten Umgebung kann so tief gesenkt werden,
geraume Zeit vergeht, bevor es sich wieder so weit h
es den Fundirungsarbeiten hinderlich wird. Wenn dage
Grenze der Wirksamkeit in diejenige Höhe fällt, bis zu
die Senkung stattfinden muss, wenn der Rost gelegt
sonstige Grundbau vorgenommen werden soll, so darf
schine gar nicht zum Stillstande kommen, weil dadurch
eine Unterbrechung der Arbeit veranlasst werden würd
muss in solchem Falle schon einige Stunden vor dem
der eigentlichen Arbeitszeit an jedem Morgen das Wasse
beginnen lassen, um den Zufluss, der während der Na
entfernt war, zu beseitigen, und noch vortheilhafter ist
zur möglichsten Beschleunigung dieser Arbeiten, die eine
Senkung des Wassers erfordern, auch während der Na
keine Unterbrechung, weder im Wasserschöpfen, noch in
lichen Bau eintritt. Endlich ereignet es sich auch zuweil
die Maschinen, die man aufgestellt hat, die nöthige Senk
nicht bewirken können; man muss alsdann mit grossem
luste, der wieder mit einer Vermehrung der Kosten verbu
die Anzahl oder die Wirksamkeit der Maschinen vergrösse
zu einer andern Fundirungsart übergehn, die eine mind
Senkung des Wassers erfordert. Zuweilen ist man so

zwungen, die Baustelle zu verlassen, und dafür eine andere, weniger quellreiche Stelle aufzusuchen. Wie störend und kostspielig solche Unterbrechungen sind, besonders wenn sie ganz unerwartet eintreten, bedarf keiner nähern Auseinandersetzung; es muss jedoch noch darauf hingewiesen werden, dass durch die Aufstellung einer recht kräftigen Maschine, wodurch die Baugrube wirklich trocken gelegt wird, sich keineswegs alle Schwierigkeiten beseitigen, indem eben die starke Strömung, welche sich durch den Baugrund hindurchzieht, denselben so auflockern kann, dass er die nöthige Festigkeit verliert.

Die Vorsichtsmaassregeln zur Vermeidung solcher Unannehmlichkeiten beziehn sich zunächst darauf, dass man dafür sorgt, den Wasserzudrang möglichst zu schwächen. Dieses geschieht, indem man für die Baustelle den passendsten Platz aussucht, oder sie dahin verlegt, wo der Boden mehr thonig als sandig und kiesig ist, und wo der Fluss sich etwas weiter entfernt. In vielen Fällen ist indessen keine Wahl gestattet, doch jedenfalls ist es bei allen wichtigeren Bauten nothwendig, dass man durch Bohrungen sich schon vorher von der Beschaffenheit des Grundes überzeugt, um die Stärke des Wasserzudranges einigermaassen beurtheilen zu können.

Der Wasserzudrang hängt von der Höhe des Wasserstandes in den Flüssen oder der sonstigen in der Nähe befindlichen Wasserbecken ab, und da dieser nach der Jahreszeit veränderlich ist, so liegt ein grosser Vortheil darin, wenn diejenigen Arbeiten, wobei die tiefste Senkung erforderlich ist, in der Zeit eingeleitet werden, wo auch die Flüsse das wenigste Wasser führen und überhaupt die grösste Dürre stattfindet. Dieses pflegt in den Monaten September und Anfang October der Fall zu sein. Sodann findet sich zuweilen auch Gelegenheit, die unterirdischen Quellen, welche eine Baugrube füllen, schon ehe sie diese erreichen, aufzufangen und anderweit abzuleiten. Zu diesem Zwecke hat man die Anlage von Artesischen Brunnen in einiger Entfernung oberhalb der Baugrube empfohlen, wovon indessen nur selten einiger Nutzen zu erwarten ist. Solche Brunnen müssen überfliessen, wenn sie etwas helfen sollen, und man muss sich bemühen, ihre Ergiebigkeit durch Eröffnung recht tiefer Abflüsse

möglicht zu vergrössern, denn jemehr Wasser man ihnen entzieht, um so weniger können dieselben Quellen die Baugrube füllen.

Die Trockenlegung der Baustelle lässt sich ferner, wenn auch die Zuflüsse nicht weiter zu vermindern sind, noch dadurch wesentlich befördern, dass man den Abfluss des Wassers erleichtert, oder sich bemüht, die Hubhöhe, soviel irgend geschehn kann, zu vermindern. Der Effect der Schöpfmaschine ist das Product aus der Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit, also etwa in einer Minute, gehoben wird, in die Hubhöhe. Gelingt es, die letztere etwa auf die Hälfte zu reduciren, so kann im Allgemeinen dieselbe Maschine oder dieselbe Anzahl von Arbeitern noch einmal soviel Wasser fördern. Auf diesen Umstand wendet man häufig nicht die nöthige Aufmerksamkeit, und lässt zuweilen, weil die Pumpen, die man benutzen will, eine gewisse Länge haben, das Wasser 6 Fuss und wohl noch höher über den Fangedamm heben und verschwendet dabei unnöthiger Weise die zu dieser Mehrhöhe erforderliche Betriebskraft. Bei den Bauunternehmern ist das Vorurtheil auch sehr allgemein verbreitet, dass es auf die Hubhöhe gar nicht ankommt.

Wenn indessen von dieser sehr grossen Hubhöhe auch abgesehn wird, so pflegt man gewöhnlich das Wasser schon höher zu heben, als erforderlich ist, indem man es über den Fangedamm abfliessen lässt. Der Fangedamm erhält nämlich eine solche Höhe, dass er noch gewisse höhere Wasserstände abzuhalten im Stande ist, finden diese aber gerade nicht statt, was der gewöhnliche Fall ist, so bleibt der äussere Wasserstand unter der Krone des Dammes und das Binnenwasser würde schon abfliessen, wenn man es nur wenig über jenes gehoben hätte. Man mag indessen nicht gern den Fangedamm durchschneiden, indem man ihn dadurch zu schwächen fürchtet. Diese Besorgniss ist aber wenig gegründet, denn indem der Einschnitt über Wasser geschieht, so kann man ihn immer schnell und sicher, sobald es nöthig sein sollte, wieder schliessen, und eine undichte Stelle im Fangedamme, wenn sie in der Nähe seiner Krone vorkommt, ist jedenfalls viel weniger bedenklich, als wenn sie sich am Fusse des Dammes befindet. Hiernach rechtfertigt sich das Verfahren, welches man hin und wieder anwendet, dass man nämlich die Füllungserde des Dammes vor den Pumpen bis gegen den Wasserspiegel ausgräbt,

die beiden Bohlenwände in dieser Höhe etwa einen Fuss breit ausschneidet und eine Rinne hindurchzieht. Sobald das Wasser wieder steigt, so legt man, nachdem die Rinne herausgezogen ist, Brettstücke auf der innern Seite vor die Einschnitte in beide Wände und bringt in dünnen Lagen wieder bis zur passenden Höhe den Thon auf, den man fest anstampft. Indem das Steigen des Wassers gemeinhin langsam, auch nicht unerwartet erfolgt und eine wichtige Baustelle doch nie ohne Aufsicht bleiben kann, so findet hierbei keine Gefahr statt.

Andererseits hat man zuweilen auch schon beim Bau des Fangedammes hölzerne Rinnen durch denselben hindurchgezogen. Dieses Mittel wandte schon Perronet beim Bau der Brücke zu Neuilly an, und es kommt ganz gewöhnlich auch bei denjenigen Fangedämmen vor, welche nur den Wasserstand der Ebbe abhalten sollen, da es in diesem Falle Gelegenheit giebt, einen Theil des Fluthwassers aus der Baugrube abzuführen. Die Rinne selbst lässt sich leicht wasserdicht darstellen, aber es ist schwer, ihre Verbindung mit der Füllungserde genügend zu sichern. Besonders muss man aber befürchten, dass unter ihrem Boden sich starke Quellen hindurchziehn, indem eines Theils die Erde sich hier nicht fest dagegen stampfen lässt und andern Theils auch leicht später ein Setzen der Erde eintreten kann, an welchem die Rinne nicht Theil nimmt.

Eine andere Methode zur Vermeidung der überflüssigen Hubhöhe beruht darauf, dass man das gehobene Wasser in Hebern über den Fangedamm fliessen lässt. Dieses Verfahren, welches vor geraumer Zeit in Metz angewendet wurde *), scheint sich vorzugsweise zu empfehlen, man muss dazu aber im Innern der Baugrube einen grossen Kübel einrichten, der das Wasser zunächst aufnimmt und dessen Umfassungswände übereinstimmend mit dem Steigen des Flusses erhöht werden können. Wenn der Heber aus gusseisernen Röhren besteht, so wird er seinen Dienst sehr regelmässig und sicher erfüllen, doch muss er an seinem obern Ende mit einer Füllröhre und hier sowohl, als an beiden Mündungen mit Hähnen oder Klappen versehn sein, die sich leicht öffnen und schliessen lassen, weil man ihn sonst nicht

*) Sganzin, *programme. I. 4. édition. p.* 308.

in Wirksamkeit setzen kann. Sein Querschnitt darf auch nicht zu enge sein, muss vielmehr der durchzuführenden Wassermenge entsprechend gewählt werden, weil er sonst eine grössere Druckhöhe zum Abführen des Wassers gebraucht. Man hat zuweilen auch die Pumpen selbst mit Hebern verbunden, oder ihnen eine solche Einrichtung gegeben, dass sich die Hubhöhe nach dem jedesmaligen äussern Wasserstande von selbst modificirt: hiervon wird bei Beschreibung der Schöpfmaschinen die Rede sein.

Demnächst lässt sich auch der Wasserspiegel in dem Abzugsgraben zuweilen durch eine angemessene Leitung desselben senken und dadurch wieder die Hubhöhe für die Schöpfmaschinen vermindern; wenn dieses geschehen kann, so darf man eine solche Gelegenheit nicht unbenutzt lassen. So gelang es Régemortes, den Wasserspiegel in der Baugrube um 19 Zoll zu senken, indem er einen Canal längs dem Ufer des Allier-Flusses etwa 200 Ruthen stromabwärts zog, und bei mehreren Schleusen am Bromberger Canale war es sogar möglich, die Baugrube ohne Schöpfmaschinen trocken zu legen, indem man jedesmal das Gefälle der nächstfolgenden Schleuse benutzte und bis zu ihrem Unterwasser oder bis zur zweiten Canalstrecke den Abzugsgraben herabführte.

Endlich gehört hierher noch der Fall, dass zuweilen Quellen, die sich nicht stopfen lassen, aus den hohen Ufern der Baugrube nicht an deren Sohle, sondern in einiger Höhe darüber heraustreten. Man würde sehr unrecht thun, wenn man diese zuerst bis zur grössten Tiefe herabfliessen lassen und sie alsdann mit dem andern Wasser gemeinschaftlich heben wollte. Sind sie nur unbedeutend, so wird es sich freilich nicht belohnen, für sie eine besondere Schöpfmaschine aufzustellen, im entgegengesetzten Falle ist es aber sehr vortheilhaft, sie möglichst hoch aufzufangen, wodurch die nöthige Hubhöhe der betreffenden Schöpfmaschine vermindert wird.

Bei der Unsicherheit, die jedesmal ohnerachtet aller vorhergehenden Untersuchungen über die Stärke des Zuflusses statt zu finden pflegt, kann es allgemein empfohlen werden, die Anordnungen so zu treffen, dass man nöthigenfalls mit den beigeschafften Maschinen auch eine viel grössere Wassermenge zu heben im Stande ist, als man erwartet. Wenn hierdurch

auch vielleicht und namentlich bei Anwendung von Dampfmaschinen nicht das Maximum des Nutzeffectes der Maschine gewonnen wird, so erreicht man doch den grossen Vortheil, dass man bei einem unerwartet starken Zuflusse nicht den Bau unterbrechen darf. Eine solche Unterbrechung ist aber besonders nachtheilig, wenn der zur Fundirung günstige Wasserstand des Flusses nur kurze Zeit hindurch anhält, und sonach eine Störung der Arbeit in dieser Periode vielleicht die Beendigung des Baues um ein ganzes Jahr verzögert.

Das Schöpfen des Wassers geschieht nicht in der Sohle der Baugrube selbst, weil man diese alsdann nicht wasserfrei machen könnte, auch ist es bei allen Schöpfmaschinen und namentlich bei Pumpen sehr vortheilhaft, das Wasser nicht unmittelbar über dem Boden zu schöpfen, woselbst es gar zu unrein ist; man entnimmt es lieber in einer etwas grösseren Höhe, so dass die gröbsten erdigen Theilchen, die in diesem Falle sehr reichlich hinzugeführt werden, niedersinken können und nicht in die Maschine treten. Aus diesem Grunde pflegt man in der Baugrube selbst noch eine besondere Vertiefung oder den sogenannten Sumpf zu bilden. Bei Einrichtung desselben muss man aber sehr vorsichtig sein, dass hierdurch nicht etwa dem Wasser ein leichter Zutritt eröffnet wird. Dieses wäre zu befürchten, sobald in geringer Tiefe unter der Sohle der Baugrube sich besonders poröse Schichten vorfinden. In solchen Fällen kann es nöthig werden, den Sumpf in seiner Sohle zu bedecken und ihn in den Seitenwänden wie einen Brunnen einzufassen, damit er möglichst wasserdicht wird und er sich nur von oben durch die Zuflüsse aus der Baugrube füllt.

Zuweilen kann man in einer Baugrube, wenn die Schöpfmaschinen im Gange sind, deutlich bemerken, dass an einzelnen Stellen starke Quellen hervortreten, und man versucht alsdann, diese zu stopfen, doch ist im Allgemeinen der Erfolg davon wenig befriedigend. Es kommt hierbei vorzugsweise auf die Beschaffenheit des Grundes an; wenn derselbe sandig oder kiesig ist, so wird durch die Schliessung derjenigen Oeffnung, durch welche das Wasser bisher hervorquoll, der vermehrte Druck im Innern sogleich zur Entstehung eines neuen Ausflusses Veranlassung geben. Bei einem mehr thonhaltigen Boden, worin

sich vielleicht eine geschlossene Wasserader gebildet hatte, kann dagegen eine dichte Sperrung, die man in der Mündung anbringt, den Quell vollständig verschliessen. Um diese Sperrung zu bewirken, ist das einfachste und gewöhnlichste Mittel dieses, dass man einen Pfahl hineinrammt, man hat auch hin und wieder recht trockne Thonmassen hineinzustopfen versucht, die im Wasser quellen und sonach die Ader schliessen, auch ist der Béton zu diesem Zwecke benutzt worden, doch lassen die beiden letzten Mittel nur in dem Falle einigen Erfolg erwarten, wenn man vor ihrer Anwendung die Schöpfmaschinen ausser Thätigkeit gesetzt hat, damit die Baugrube ganz mit Wasser angefüllt wird und sonach die Strömung des Quelles für einige Zeit unterbrochen bleibt. Wenn dieses nicht geschehen ist, so dürfte der Thon oder der Béton sich gar nicht hineinbringen lassen, oder doch wenigstens nicht die gehörige Füllung der Oeffnung bewirken, indem das durchfliessende Wasser ihn zu stark angreift und die gelösten Theilchen heraustreibt.

Zuweilen hat man solche Quellen in besondere Fangedämme, oder auch wohl in Fässer oder Röhren eingeschlossen. Dieses Mittel ist gewiss passend, wenn der Zusammenhang der Quellen mit der übrigen Baugrube sich ganz aufheben lässt und das Wasser in der Röhre wirklich zur vollen Druckhöhe ansteigt, wodurch der fernere Zufluss des Quells unterbrochen wird. In dieser Art wurden beim Bau der Brücke zu Orleans mehrere Quellen eingefasst. Damit aber das Wasser nicht wieder zur Seite hervordringt, muss der Boden die erforderliche Festigkeit haben, denn der Quell, dessen Mündung gesperrt ist, wird in ganz gleicher Art auf die Bildung eines neuen Ausflusses hinwirken, wenn er durch einen Pfahl gestopft ist, oder wenn er in dieser Röhre bis zur vollen Druckhöhe gehoben wird. Es kann indessen auch geschehn, dass der Quell unter so starkem Drucke fliesst, dass er bis über das äussere Wasser sich hebt, und alsdann ist es möglich, ihn mittelst einer Rinnenleitung abzuführen und man erreicht den Vortheil, dass der Druck, wenn er auf die Höhe des Wasserspiegels in der Röhre reducirt wird, sich vielleicht so sehr vermindert, dass dadurch die Bildung einer zweiten Oeffnung weniger wahrscheinlich wird. Derselbe Vortheil könnte zum Theil auch noch erreicht werden, wenn

das Wasser nicht frei abfliesst, sondern durch Schöpfmaschinen in der Röhre gesenkt wird: die Maschinen werden aber in diesem Falle eine geringere Betriebskraft erfordern, weil das Wasser schon durch seinen eigenen Druck in der Röhre eine etwas grössere Höhe erreicht, als diejenige ist, in welcher die frühere Ausmündung lag.

Das sicherste Mittel zum Stopfen der aus dem Grunde hervorbrechenden Quellen bietet der Béton dar, besonders wenn er über die ganze Sohle als Grundfangedamm ausgebreitet wird. Hauptbedingung ist es hierbei aber, dass man der Bétonlage hinreichende Zeit zum Erhärten lässt, bevor sie dem Wasserdrucke ausgesetzt wird, denn so lange sie noch weich ist, findet das Wasser leicht Gelegenheit hindurchzudringen und spült alsdann die Kalktheilchen heraus, so dass der Béton an einzelnen Stellen alle Festigkeit verliert und seinen Zweck gänzlich verfehlt.

§. 46.

Schöpfmaschinen.

Die Schöpfmaschinen, deren man sich zur Trockenlegung der Baugruben bedient, werden häufig durch Menschen in Bewegung gesetzt, und namentlich findet dieses statt, wenn sie nicht lange Zeit hindurch in Thätigkeit erhalten werden dürfen, oder wenn die Wassermenge, die sie fördern sollen, ziemlich unbedeutend ist. Die Menschenkraft hat vor allen übrigen Betriebskräften den Vorzug, dass sie sich viel unmittelbarer zur Darstellung der beabsichtigten Wirkungen benutzen lässt. Sie bedarf daher nicht der complicirten Maschinen, die sonst nothwendig sind. Wenn z. B. eine Pumpe in Bewegung zu setzen ist, so darf man dieselbe nur mit einem Schwengel versehn, um sie durch Menschen treiben zu lassen, und selbst der Schwengel fehlt ganz allgemein bei den Schiffspumpen, die mittelst einer Handhabe an der Kolbenstange bewegt werden, indem der Kolben sehr schnell auf- und abgestossen wird. Will man dagegen die Pferdekraft zum Betriebe der Pumpe benutzen, so muss man einen Göpel in der Nähe einrichten und die horizontale und rotirende Bewegung desselben durch irgend eine mechanische

Vorrichtung in die verticale auf- und abwärts gerichtete verändern. Noch complicirter und kostbarer wird die Einrichtung, wenn man die Wasserkraft wählt, oder wenn man eine Dampfmaschine benutzt: die Betriebskosten pflegen in beiden Fällen sehr mässig zu werden, aber die Aufstellung der Maschine ist so theuer, dass dieselbe lange Zeit hindurch im Gange erhalten werden muss, um jene zu decken. Hieraus ergiebt sich, dass die Wahl der Maschine durch die wahrscheinliche Dauer ihres Gebrauches bedingt wird, indem es darauf ankommt, dass die Summe der Kostenbeträge für die Einrichtung und den Betrieb möglichst geringe ausfällt. Hiernach rechtfertigt es sich, dass man in manchen Fällen die theuerste Betriebskraft, nämlich die Menschenkraft zur Bewegung der Schöpfmaschinen anwendet, und wenn die Baugrube nur während sehr kurzer Zeit trocken erhalten werden soll, und nur mässige Quantitäten Wasser gefördert werden, so wird es sogar vortheilhaft, gar keine Schöpfmaschine aufzustellen, und das Wasser nur mit Eimern ausgiessen zu lassen.

Demnächst kommt es bei der Wahl der Schöpfmaschinen für den in Rede stehenden Zweck auch sehr darauf an, dass sie nicht viel Raum einnehmen, denn gemeinhin ist die Ausdehnung des Platzes, wo sie aufgestellt werden sollen, sehr beschränkt. Die gewöhnliche Pumpe zeichnet sich in dieser Beziehung besonders aus, doch auch andere Maschinen und namentlich diejenigen, durch welche das Wasser senkrecht gehoben wird, bieten ähnliche Vortheile. Man darf hierbei aber nicht allein die eigentlichen Schöpfapparate berücksichtigen, denn auch die Nebentheile und namentlich diejenigen mechanischen Vorrichtungen, welche die Betriebskraft unmittelbar aufnehmen, müssen in der Nähe der Baugrube aufgestellt werden; wollte man sie davon weit entfernen, so würde das Gestänge, oder die sonstigen Zwischenglieder, welche zur Uebertragung der Kraft dienen, einen grossen Theil derselben consumiren und sie dadurch merklich schwächen. Aus diesen Gründen muss man häufig auf die Benutzung der Pferdekraft Verzicht leisten, welche sich im Uebrigen hierzu sehr wohl eignet, weil sie an sich viel wohlfeiler als die Menschenkraft ist, und im Vergleiche zur Dampfkraft, nur einfache und leicht darzustellende Einrichtungen erfordert.

Ferner muss die Schöpfmaschine, welche man wählt, das Wasser nach Umständen in **verschiedene Höhe** heben, wie bereits angedeutet ist. Bei den Pumpen lässt sich dieses leicht erreichen, indem man den Ausguss beliebig hoch anbringen kann, ohne eine sonstige Aenderung vorzunehmen, und es kommt nur darauf an, dass der Kolben beständig unter der Seitenöffnung bleibt. Sobald man aber beim Steigen des äussern Wassers gezwungen ist, den Ausguss zu erhöhen und die frühere Oeffnung zu schliessen, so ist es ohne Nachtheil, wenn dieser Schluss auch einige Unebenheiten im Innern der Pumpe darstellt.

Das Wasser, welches man heben muss, ist gemeinhin nicht ganz rein und führt oft erdige Theilchen und selbst **Sand**, auch wohl andere Körper, wie Holzspähne u. dergl. mit sich. Hierdurch geht der gute Schluss der Kolben leicht verloren und selbst die Ventile bleiben geöffnet, sobald fremde Körper hineinkommen. Man vermeidet solche Uebelstände zum Theil dadurch, dass man das Wasser nahe an der Oberfläche eines tiefen Sumpfes schöpft und es durch Körbe oder durch Kasten, die siebartig mit feinen Löchern versehn sind, hindurchtreten lässt. Die Pumpen sind in dieser Beziehung am meisten der Beschädigung unterworfen und es zeigen sich daher andere Schöpfmaschinen, bei denen Ventile oder Kolben nicht vorkommen, beim Heben des trüben Wassers viel dauerhafter, auch sind Reinigungen oder Reparaturen bei ihnen viel seltener erforderlich.

Allen Schöpfmaschinen, sowie überhaupt allen Maschinen, muss man diejenige **Geschwindigkeit** geben, welche ihre Leistung vergleichungsweise zu der darauf verwendeten Kraft zu einem Maximum macht. Wollte man z. B. das geneigte Schaufelwerk sehr langsam bewegen, so würde durch den freien Spielraum, der dabei nothwendig ist, der grösste Theil des Wassers, nachdem es etwas gehoben worden, wieder zurückfliessen und der Effect der Maschine sich sehr vermindern. In noch höherem Grade findet dieses bei dem Wurfrade statt, welches freilich nicht zum Ausschöpfen von Baugruben benutzt wird. Letzteres leistet, wie die Erfahrung lehrt, gar nichts, sobald die Windmühle, die es gewöhnlich treibt, von einem schwachen Winde nur langsam bewegt wird. Andere Maschinen dagegen bedürfen einer gewissen Zeit, um das Wasser aufzunehmen,

welches nur vermöge der Schwere in sie hineinfliesst; diese zeigen einen unverhältnissmässig geringen Effect, wenn man sie sehr schnell bewegt, wie z. B. die Kastenkünste, die Schöpfräder u. dergl. Man muss also jedesmal für die passende Geschwindigkeit der Schöpfmaschine sorgen, doch lässt sich diese Geschwindigkeit nicht willkührlich dadurch reguliren, dass man etwa die Kurbel sehr schnell oder sehr langsam drehn oder den Kolben einer Dampfmaschine beliebig schnell spielen lässt, denn diese Theile der Maschine, welche die Betriebskraft unmittelbar aufnehmen, müssen gleichfalls mit der für sie angemessenen Geschwindigkeit sich bewegen, wenn der Effect ein Maximum werden soll; sonach bleibt nur übrig, durch die Zwischenglieder in der Maschine, welche die Bewegung übertragen, das bestimmte Verhältniss der Geschwindigkeiten für die Kraft und Last darzustellen: man thut aber wohl, wenn man die Kräfte gleich so wählt, dass keine zu grosse Veränderung der Geschwindigkeit erforderlich wird.

Die Thatsache, dass die Betriebskraft nur bei einer gewissen Geschwindigkeit ein Maximum ist, wird häufig nicht genug beachtet, und dieses vielleicht aus dem Grunde, weil man die Grösse oder das Moment der Betriebskräfte, d. h. die Producte aus dem Drucke oder Zuge in die Geschwindigkeit durch constante Zahlen auszudrücken gewohnt ist. Wenn man z. B. das Moment der Pferdekraft gleich 500 setzt, oder annimmt, dass der Zug oder das senkrecht gehobene Gewicht multiplicirt in die Höhe, zu der es in der Secunde ansteigt (wobei die erste Grösse in Pfunden und die letzte in Fussen ausgedrückt ist), die Zahl 500 giebt; so wird man leicht verleitet zu glauben, dass dieses Product für die verschiedenen Geschwindigkeiten sich immer gleich bleibt und dass sonach der Zug immer umgekehrt der Geschwindigkeit proportional ist. Dieses ist indessen keineswegs der Fall, jene Zahl soll vielmehr nur das Maximum des Productes bezeichnen, das bei einer bestimmten Geschwindigkeit eintritt. Wahrscheinlich bleibt aber die Leistung des Pferdes, wenn man die dauernde und regelmässige Thätigkeit betrachtet, noch unter der angegebenen Grösse, sowie überhaupt bei der Schätzung der organischen Kräfte dieselben gewöhnlich zu hoch angenommen werden, wie schon bei

legenheit der Rammarbeiten bemerkt wurde. Wie sehr die
aft des Pferdes oder sein Moment abnimmt, sobald man es
grösserer Geschwindigkeit ziehn lässt, zeigen viele Beob-
htungen, die man hierüber theils in Frankreich und theils in
gland angestellt hat. Leslie giebt ziemlich übereinstimmend
t andern Erfahrungen die Grösse des Momentes bei verschiede-
n Geschwindigkeiten durch die folgenden Verhältnisszahlen an:

Geschwindigkeit	relatives Moment
2 engl. Meilen in der Stunde, oder 2,8 Fuss in der Secunde	100
3 - - - - - 4,3 - - -	81
4 - - - - - 5,7 - - -	64
5 - - - - - 7,1 - - -	49
6 - - - - - 8,5 - - -	36

an sieht hieraus, dass die Leistung des Pferdes auf den dritten
heil sich vermindert, sobald man die Geschwindigkeit bis zum
rken Trabe vermehrt, oder man das Pferd in drei Viertel-
unden eine Deutsche Meile zurücklegen lässt. Augenschein-
ch findet dasselbe auch bei der Menschenkraft statt, doch sind
erüber keine so entscheidende Beobachtungen vorhanden und
wöhnlich irrt man, indem man die Grösse des Zuges oder
e Belastung zu sehr vermehrt. Schon Karsten machte in sei-
r Preisschrift über die Feuerspritzen vom Jahre 1771 die Be-
erkung, dass die Arbeiter weit mehr leisten, sobald man sie
cht zu stark belastet; man kann sich hiervon auch bei der
nwendung andrer Hebezeuge leicht überzeugen. So ist eine
elastung des einzelnen Arbeiters mit 40 Pfund an der Kurbel
hon so anstrengend, dass er nicht nur sehr langsam arbeitet,
ndern er auch vielfache Pausen machen muss; sobald man
gegen den Zug oder Druck, den er an der Handhabe auszu-
en hat, auf 25 Pfund ermässigt, so ersetzt er nicht nur reich-
ch durch die grössere Geschwindigkeit und längere Dauer der
rbeitszeit den geringeren Zug, sondern arbeitet auch mit mehr
ust und rühmt die Leichtigkeit im Gange der Maschine.

Bei Anwendung der organischen Kräfte zur Bewegung von
laschinen kommt es demnächst auch sehr darauf an, die Men-
chen oder Thiere auf solche Art anzustellen, wie es ihrer Natur
nd ihrem Körperbau am meisten zusagt. Die Aufgabe be-

steht immer darin, aus der ganzen Tagesthätigkeit den grössten Effect zu ziehn. Jede übermässige Anstrengung, die bald Ermüdung und Abspannung verursacht, muss vermieden werden, und man muss besonders diejenigen Theile des Körpers zur Aeusserung der Kraft benutzen, welche die stärksten sind und die kräftigsten Muskeln enthalten. Der Natur des Pferdes entspricht weit mehr der horizontale Zug, als das Steigen; das Pferd giebt also einen grösseren Effect, wenn es in den Göpel gespannt wird, als wenn es im Laufrade oder auf der Tretscheibe geht, aber auch im Göpel muss es an einen recht langen Zugbaum gespannt werden, weil es sonst zu leicht ermüdet, indem sehr kurze Wendungen einen Theil seiner Kraft consumiren. Der Vortheil des langen Zugbaumes ist also keineswegs übereinstimmend mit dem des langen Hebelsarmes, denn dieser ist nur im Zustande des Gleichgewichts von Nutzen, bei dauernder Bewegung giebt unter übrigens gleichen Umständen der lange Hebelsarm genau denselben Effect, wie der kurze, denn die Producte aus Druck und Geschwindigkeit sind bei beiden ganz gleich.

Noch vorsichtiger muss man bei Anwendung der Menschenkraft sein; die grosse Verschiedenheit im Momente derselben, jenachdem die Arbeiter zur Bewegung einer Kurbel, eines Laufrades oder auf andere Art benutzt werden, ist so augenscheinlich, dass sie schon lange bemerkt worden ist, und man hat in der Maschinenlehre für jede dieser Anwendungen die Grösse des Momentes zu bestimmen gesucht. Dabei wird indessen gemeinhin die Ursache dieser Verschiedenheit nicht richtig aufgefasst, indem man sagt, dass ein Mensch entweder durch seine Kraft, oder sein Gewicht wirkt und im letzten Falle seine Leistung viel grösser ist als im ersten. Dass der Mensch als todte Last oder als blosses Gewicht eine Maschine in Bewegung setzt, kommt sehr selten vor, und wo es geschieht, da muss der Mensch selbst wieder die Kraft entwickeln, um sein Gewicht zu heben. Je schneller er dieses wiederholen kann, ohne sich durch zu grosse Anstrengung zu ermüden, um so grösser ist der Effect, den er hervorbringt; also auch hier ist es nur die Muskelkraft, wodurch sich die Leistung bestimmt. Bei unbelastetem Steigen, oder indem man nur sein eigenes Gewicht

hebt, ist man im Stande, den grössten mechanischen Effect hervorzubringen, und man kann leicht, ohne sich besonders anzustrengen, eine 30 Fuss hohe Treppe in einer halben Minute herauflaufen. Man hebt in diesem Falle ungefähr 150 Pfund mit der Geschwindigkeit von einem Fuss in der Secunde und zwar wird diese Arbeit eine halbe Minute lang fortgesetzt. Weder an der Kurbel, noch an der Pumpe u. dergl. lässt sich auch nur entfernt ein ähnlicher Effect erreichen und doch ist hierbei von einer Wirkung durch das Gewicht gar nicht die Rede. Aber auch auf längere Dauer bleibt der Effect des Steigens weit über dem jeder andern Kraftäusserung. Coulomb führt an, dass er gesehn, wie Bergbewohner in 20 Minuten 150 Meter hoch stiegen, dieses giebt für die Secunde 0,4 preuss. Fuss senkrechte Steigung, was mit Rücksicht auf die lange Dauer dieser Thätigkeit nicht minder auffallend ist. Borda bestieg mit seinen Gefährten, die des Bergsteigens nicht gewohnt waren, den Pic von Teneriffa, dessen Höhe 2923 Meter oder 9312 rheinländische Fuss beträgt in 8½ Stunden, wovon aber noch drei Viertelstunden für die Ruhezeit abgingen, und die Ermüdung war keineswegs so übermässig, dass sie die gewöhnliche Tagesthätigkeit in hohem Grade überstiegen hätte. Hierbei wurde während der beinahe achtstündigen Arbeitszeit die Last von 150 Pfund in der Secunde ⅓ Fuss hoch gehoben. Nach manchen Lehrbüchern lässt sich dieser Effect auch durch die Kurbel erreichen, doch zeigt jede nähere Untersuchung über die wirkliche Leistung eines an der Kurbel angestellten Arbeiters, dass er während eines ganzen Tages auch nicht die Hälfte dieses Effectes erreicht. Fragt man aber, weshalb der Mensch beim Steigen diese viel grössere Kraft entwickelt, so liegt der Grund nur darin, dass hierbei die sehr kräftigen Muskeln des Unterleibes und der Füsse angestrengt werden, während bei der Kurbel und in manchen andern Fällen vorzugsweise nur die viel schwächeren Muskeln der Arme die Kraft entwickeln.

Das Steigen der Arbeiter wird auf verschiedene Art zur Herbeiführung eines mechanischen Effectes benutzt, am unmittelbarsten geschieht es beim Lossen der Kohlen auf den englischen Schiffen. Man bildet nämlich dicht neben der Luke des Schiffsraumes aus Haken, Stangen u. dergl. eine breite Leiter von

etwa 6 Fuss Höhe, und zwei oder drei junge und rüstige Matrosen klettern auf diese herauf und fassen eine Leine, welche über eine Scheibe geführt ist und an deren anderem Ende der Kohlenkorb hängt. Indem sie plötzlich von der Leiter springen, so bilden sie für den Korb das überwiegend schwere Gegengewicht und der Korb steigt mit solcher Heftigkeit herauf, dass er vermöge der erlangten Geschwindigkeit noch um einige Fuss höher fliegt, als er gezogen wird: er wird oft bis 10 Fuss gehoben und auf das Deck gebracht, während die Arbeiter nur 6 Fuss tief jedesmal herabsinken. In diesem Falle steigen die Arbeiter senkrecht aufwärts, was nicht zu empfehlen ist, weil dabei das Steigen unbequem wird. Der Effect der erwähnten Arbeit stellt sich auch in der That nicht besonders hoch heraus, was gewiss zum Theil von der zu grossen Anstrengung herrührt. Im Laufrade ist es gleichfalls das unbelastete Steigen, welches den Effect hervorbringt, und zwar hat man es hier ganz in seiner Gewalt, die Arbeiter in jeder beliebigen Neigung gegen den Horizont ansteigen zu lassen; jemehr man nämlich das Rad belastet, um so weiter müssen sie sich von der durch die Axe gelegten senkrechten Ebene entfernen und um so steiler steigen sie an. Zur Ermittelung derjenigen Neigung, worauf der Mensch am bequemsten ansteigt, oder wo er bei gleicher Ermüdung den grössten Effect erreicht, hat man bisher keine entscheidende Versuche angestellt, und man darf auch nicht hoffen, hierbei zu allgemein gültigen Resultaten zu gelangen, denn dieses hängt zu sehr von der Individualität der Arbeiter ab, ebenso wie ei recht sanft geneigte Treppe mit breiten Stufen und gerin Steigung, welche für alte und schwache Personen sehr beque ist, für junge Leute ermüdend wird, die auf einer viel steilere Treppe, wo jeder Schritt sie um die doppelte oder eine an grössere Höhe erhebt, viel leichter eine gleiche Höhe erreich Ein Versuch, den ich gelegentlich hierüber veranlasste, gab Resultat, dass junge Personen bei gleicher Ermüdung auf ei 45 Grad gegen den Horizont geneigten Fläche die grösste H erstiegen; ältere Arbeiter gehen dagegen hier nicht mehr sic und die Vorsicht, die sie anwenden müssen, consumirt ei Theil ihrer Kraft. Wenn man aber sehr unbehülfliche Arbei anstellen muss, so ist jedes Steigen und Gehn auf einem

weglichen Boden für sie so unangenehm und beschwerlich, dass leicht der ganze Vortheil des Laufrades verschwindet und sie an der Erdwinde weit mehr leisten. Das Tretrad, wobei die Arbeiter auf dem äussern Umfange des Rades und zwar immer senkrecht steigen, ist in dieser Beziehung gewiss nicht vortheilhaft, es hat auch noch den Uebelstand, dass es sich nicht von selbst regulirt; dagegen ist seine Anlage viel einfacher und wohlfeiler, als die des Laufrades. Das Spillrad, welches in Frankreich häufig vorkommt und wobei die Arbeiter theils die Querarme herabziehn und theils bei grösserem Widerstande auf dieselben heraufklettern, giebt auch keinen sonderlichen Effect: es wird meist nur angewandt, wenn die Bewegung periodisch eintritt, wie etwa bei einem Krahne.

Die Anstrengung der Muskeln in den Schenkeln und im Unterleibe tritt auch noch in vielen andern Fällen ein, wo kein eigentliches Steigen stattfindet, so z. B. beim Drehn der Erdwinde, wobei man gleichfalls einen sehr grossen Effect erreicht, auch beim Rudern erklärt sich hierdurch allein die sehr grosse Kraftäusserung, welche besonders durch ihre lange Dauer überrascht. Man sieht häufig Seeleute 2 bis 3 Stunden ohne die mindeste Unterbrechung fortrudern, der stärkste Impuls wird dem Ruder aber jedesmal dadurch gegeben, dass der vorwärts geneigte Oberleib zurückgezogen wird, und nur wenn dieses bereits geschehn ist, so wird die Kraft der Arme benutzt, um den Zug noch weiter auszudehnen.

Beim gewöhnlichen Pumpen, sowie beim Rammen ist gleichfalls die Kraft der Schenkel von grossem Einflusse, indem der Körper zur Hervorbringung eines starken abwärts gerichteten Zuges gesenkt und durch die Füsse immer von Neuem gehoben wird. Bei der Kurbel endlich treten nach dem jedesmaligen Stande derselben sehr verschiedenartige Kraftäusserungen ein, bald hebt man sie, bald wird sie gesenkt, bald horizontal angezogen und bald abgestossen; der ganze Körper ist daher in fortwährender Bewegung, aber der Effect ist in den verschiedenen Perioden so verschieden, dass eine Ausgleichung der Kraft hierbei besonders vortheilhaft wird. Man stellt eine solche dar, indem man ein Schwungrad damit verbindet, oder indem man zwei verschieden gerichtete Kurbeln an eine Axe anbringt, so

dass in derselben Zeit, wo die eine besonders wenig wirkt, bei der andern der Zug gerade am kräftigsten ist. Für den letzten Fall pflegt man oft eine Verstellung um 135 Grade oder um $1\frac{1}{2}$ Quadranten anzuwenden, doch scheint es vortheilhafter zu sein, wenn die Kurbeln um einen Quadranten versetzt sind.

Das Angeführte wird genügen, um darnach die verschiedenen Betriebskräfte und die Art ihrer Anwendung zur Bewegung der Schöpfmaschinen zu beurtheilen. Was die Zwischentheile der Maschine betrifft, welche die Kraft übertragen, so gehören dieselben allein in die Maschinenlehre und es wäre hier nur darauf aufmerksam zu machen, dass man nicht nur eine starke Reibung, sondern auch alles Biegen und Schlottern vermeiden muss, denn jeder heftige Stoss veranlasst Kraftverlust und schwächt die Wirkung der Maschine. Ebenso ist das Schwanken und das Verziehn mit einer gewissen Abnutzung oder doch mit andern Effecten verbunden, die gleichfalls einen Theil der Betriebskraft consumiren. Wenn z. B. in einem Gestänge die Stücke sich biegen oder sich abwechselnd verlängern oder verkürzen, so ist hierzu eine gewisse Kraft erforderlich, aber diese wird, wenn sie auch sonst nicht nachtheilig wäre, für die Leistung der Pumpe verloren.

Endlich sind diejenigen Theile der Maschine zu betrachten, welche den beabsichtigten Zweck, oder im vorliegenden Falle das Heben des Wassers bewirken. Diese sollen hier umständlicher behandelt werden und zwar wird zunächst von denjenigen die Rede sein, welche einen heftigen Stoss dem Wasser ertheilen und es dadurch zu der erforderlichen Höhe heraufwerfen, sodann von denen, welche es in Eimern oder Kasten schöpfen und heben, ferner von solchen, wobei das Wasser in gewisse bewegliche Canäle eingeführt wird, deren Neigung man verändert und dadurch das Wasser zwingt, eine andere Stelle einzunehmen und nach dem höher gelegenen Ausgusse hinzufliessen. Endlich aber können diese Canäle oder Rinnen auch fest sein und ihre Lage unverändert beibehalten, während Kolben sich in ihnen bewegen, die das Wasser mit sich führen. Dabei treten noch die beiden Modificationen ein, dass entweder die Kolben sich ununterbrochen in derselben Richtung hinziehn, oder nur auf eine gewisse Höhe sich heben und alsdann sich

r senken. Im letzten Falle wird dem Wasser nur durch
lne Stösse die Bewegung ertheilt.

A. Unter den Maschinen, welche durch einen hef-
n Stoss das Wasser in Bewegung setzen und es
e Höhe werfen, sind die einfachsten die Schaufeln; man
scheidet aber die Wurfschaufeln von den Schwung-
ufeln, indem man unter der ersten Benennung solche ver-
, die ohne weitere Befestigung nur aus freier Hand geführt
en, und unter der letzten diejenigen, welche an einem Bocke
en. Die ersten kommen auf Baustellen wohl nie vor, weil
Anwendung nicht nur anstrengend ist, sondern auch grosse
ng erfordert, denn sobald man die Schaufel etwas zu tief
ucht, so ist die gefasste Wassermenge so gross, dass ihr
der gehörige Schwung gegeben werden kann und sie folg-
ohne die Rinne zu erreichen, in die Baugrube zurückfällt.
flachen Flussfahrzeugen, sowie auch bei kleinen Seeböten
nen diese Schaufeln häufig vor, und besonders sind sie auf
letzteren üblich, indem man daselbst keinen Raum hat, den
oder eine andere Vorrichtung anzubringen. Man giebt
in diesem Falle keinen langen Stiel, sondern nur eine
e Handhabe *), und während der Matrose, der sie gebraucht,
der Bank sitzt, so wählt er eine solche Stellung, dass er
ganzen Arm hin- und herschwingen kann und dadurch die-
Sicherheit in der Bewegung erreicht, als wenn die Schau-
ngehängt wäre. Alle Schaufeln haben den grossen Vorzug,
, wenn sie durch geübte Arbeiter geführt werden, sie das
ser sehr vollständig entfernen. Wenn der Wasserstand auch
noch $\frac{1}{4}$ Zoll beträgt, so lässt sich mit der gehörig zuge-
rften und sicher gestossenen Schaufel das Ausschöpfen noch
etzen: dieses ist der Grund, weshalb sie bei flachen Fahr-
en so vortheilhaft sind.

Die Schwungschaufeln finden häufige Anwendung bei
serbauten, doch seltener beim Trockenlegen der Baustellen,
beim künstlichen Ausschöpfen kleiner eingedeichter Niede-

*) Sie heissen alsdann Oese-Fässer; die Schwungschaufeln
t man in den norddeutschen Marschen Oese-Mühlen, und
bezeichnet das Auswerfen des Wassers.

rungen. Fig. 239 zeigt ihre gewöhnliche Form, sie sind fünf Brettstücken zusammengesetzt, ihre Länge beträgt 18 bis 2 Fuss und ihre Höhe und Breite 9 bis 12 Zoll. Sie mit einem langen Stiele versehn und hängen überdies an aus Stangen leicht zusammengesetzten dreibeinigen Bocke; terer ist etwa 8 Fuss hoch. Ein Arbeiter stösst die Stange Heftigkeit in solcher Neigung fort, dass der Boden der Sc fel, der vorn zugeschärft sein muss, etwa einen Zoll tief taucht und sonach der Kasten sich füllt. Beim weitern Fort hebt sich der Kasten und giebt dadurch dem Wasser die Richtung, dass es nach der etwa 6 Fuss entfernten und breiten Rinne fliegt, welche es über den Damm nach dem höhern Wasser führt. Dass die Leistung dieser einfachen schine nicht ganz unbedeutend sein kann, muss man annehmen, dass sie so häufig angewendet wird. Die Höhe der das Wasser dabei gehoben wird, beträgt selten me 2 Fuss, und nicht leicht wird ein Arbeiter während eines Sc ges, der etwa 4 Secunden dauert, einen halben Cubikfuss ser schöpfen. Das Schöpfen mit Eimern möchte daher w Allgemeinen vorzuziehn sein, namentlich weil die Arbeite auf nicht eingeübt sein dürfen, aber bei kalter Witterun die Leute nicht im Wasser stehn können, wird das Sc mit Eimern sehr beschwerlich, und alsdann dürften für g Hubhöhen, und wenn keine andern Schöpfmaschinen vorl sind, die Wurfschaufeln sich besonders empfehlen. Zu stellt man an eine Schaufel auch zwei und noch häufige Arbeiter, von denen der eine den Stiel führt und die ander den mittelst Leinen der Schaufel den starken Schwung ert

Zuweilen hat man der Schaufel auch eine feste stellung gegeben, wodurch ihr Gebrauch viel sicherer Eine Einrichtung dieser Art, welche bei den Schleusenbau ge Sias angewendet und sehr gerühmt wurde, zeigt Fig. Die eigentliche Schaufel, welche in Fig. 241 *a* und *b* i sicht von vorn und im Durchschnitte dargestellt ist, aus einem eisernen Rahmen von etwa 2 Fuss Höhe und 1½ Breite, der mit drei hölzernen Klappen geschlossen wird sich um drei horizontale Axen drehn und sich gegenseitig gen. Sobald der Rahmen in derjenigen Richtung b

rd, wohin das Wasser fortgestossen werden soll, so schliessen sich die Klappen und sperren sonach die Rinne, worin die Schaufel schwingt, sobald aber die entgegengesetzte Richtung eintritt, öffnen sich alle Klappen und durchschneiden auf diese Art ziemlich leicht das Wasser, welches die Rinne sogleich wieder füllt. Die Hubhöhe kann bis 4 Fuss betragen, doch gemeinhin ist sie geringer, und wenn das Wasser recht hoch in der Baugrube oder in der Rinne steht, so werden bei jedem Stosse bis 7 Cubikfuss herausgeworfen. In der Minute erfolgen 10 bis 12 Stösse und die Maschine wird durch 4 bis 6 Arbeiter bewegt, die an den Zugleinen bei *A* in ähnlicher Art wie an den Zugleinen einer Ramme ziehn, während ein Arbeiter noch die Leine *B* führt, um die Schaufel schneller zurückzutreiben. Endlich ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass der Rahmen sich frei in der Rinne bewegt und ein Spielraum von etwa 1 Zoll ringsum stattfinden muss.

Zu den Maschinen dieser Art gehört endlich noch das **Wurfrad**, welches jedoch fast nie zur Trockenlegung der Baugruben benutzt wird, wogegen es bei Entwässerung eingedeichter Niederungen vielfache Anwendung findet; es wird daher später bei Gelegenheit der Eindeichungen beschrieben werden. Régemortes hatte es indessen auch zum ersten Zwecke gebraucht und zwar aus dem eigenthümlichen Grunde, weil er auf dem bereits versenkten Dielenboden, der den Grundfangedamm überdeckte, keine vertiefte Grube oder keinen Sumpf darstellen konnte. Alle sonstigen Schöpfmaschinen liessen daher einen so hohen Wasserstand zurück, dass die Maurerarbeit nicht bequem und sicher auszuführen war, während das Wurfrad, welches in dieser Beziehung der Wurfschaufel nahe steht, so vollständig alles Wasser entfernte, dass das Versetzen der Steine fast im Trocknen vorgenommen werden konnte.

B. Schöpfen und Heben des Wassers in Eimern oder Kasten:

Der unmittelbare Gebrauch der **Handeimer** zum Ausschöpfen der Baugrube kommt häufig vor und empfichlt sich vorzugsweise dadurch, dass keine besondere Einrichtung dazu erforderlich wird und die Arbeiter ohne alle Uebung diese Ver-

richtung ausführen können. Wenn jedoch der Effect nicht zu ungünstig ausfallen soll, so müssen manche Vorsichtsmaass-regeln beachtet werden, die in den obigen Bemerkungen über die zweckmässige Benutzung der Menschenkraft ihre Begründung finden. Hierher gehört, dass die Arbeiter nicht über, sondern in dem Wasser stehn müssen, welches sie ausschöpfen sollen; im entgegengesetzten Falle würden sie sich jedesmal tief bücken und ihren eignen Körper von Neuem heben müssen. Steht da-gegen der Arbeiter bis an das Knie im Wasser, so kann er schon in aufrechter Stellung den Eimer füllen und ihn bequem 3, auch wohl 4 Fuss hoch heben. Eine noch grössere Hub-höhe wird sehr ermüdend, wenn eine solche nöthig ist, muss man zwei Reihen Arbeiter über einander stellen, die alsdann zusammen das Wasser bis 8 Fuss heben können. In diesem Falle ist es aber nicht passend, dass die untenstehenden Arbeiter die Eimer in ein Becken giessen und die obenstehenden sie von Neuem schöpfen, vielmehr müssen die Eimer gefüllt auf die Rüstung gestellt und von hier weiter gehoben werden, wo-durch die Arbeit des einmaligen Schöpfens erspart und die be-reits gewonnene Hubhöhe vollständig benutzt wird, denn bei jedem Ausgiessen geht ein Theil derselben verloren. Endlich ist auch dahin zu sehn, dass die Eimer möglichst leicht sind, weil ihr Aufheben sonst schon eine grosse Kraft erfordern würde, und zugleich müssen sie auch so fest sein, dass sie bei starkem Aufsetzen und Gegenstossen nicht zerbrechen. Die Anzahl der Eimer muss jedesmal der der Arbeiter gleich sein und dieses auch in dem Falle, wenn letztere in zwei Reihen über einander stehn. Sehr gut eignen sich hierzu lederne Feuereimer, man hat bei ihrer Anwendung auch den Vortheil, dass man sie fast überall in der gehörigen Anzahl leicht erhalten kann. In Vene-dig benutzt man hierzu aber breite, aus Weiden geflochtene Körbe, die zwar viel Wasser durchlassen, aber bei ihrer ge-ringen Tiefe besonders bequem gefüllt und ausgegossen werden können; jeder Korb wird von zwei Arbeitern geführt. Nach der gewöhnlichen Annahme besteht die Leistung eines Arbeiters darin, dass er in der Minute 15mal den Eimer hebt, der durchschnitt-lich $\frac{1}{3}$ Cubikfuss Wasser fasst. Man muss indessen hierbei, sowie bei allen diesen Angaben, auf vielfache Pausen rechnen

und darf nicht annehmen, dass ein Arbeiter wirklich 8 Stunden am Tage diese Leistung fortzusetzen im Stande ist.

Wird die Hubhöhe bedeutender, so ist es vortheilhafter, das Wasser in grösseren Quantitäten zu heben, und man thut alsdann wohl, den Eimer an einen Hebel zu hängen und letzteren durch ein Gegengewicht so zu belasten, dass der Eimer bei der halben Füllung gerade getragen wird. Alsdann wird zum Herabdrücken des leeren Eimers ungefähr dieselbe Kraft erfordert, wie zum Heben des gefüllten. Man hat auch andere ähnliche Vorrichtungen oftmals angewendet, um einzelne grössere Eimer abwechselnd zu heben und herabzulassen und dabei auch zugleich für ein bequemes Füllen und Leeren derselben gesorgt, sie kommen jedoch beim Trockenlegen der Baugruben nicht leicht vor.

Sehr wichtig ist die Anordnung, wobei an einer Kette ohne Ende eine ganze Reihe von Eimern befestigt ist, welche bei der Bewegung der Kette abwechselnd unter das Wasser treten, sich daselbst füllen, sodann ansteigen und über eine obere Trommel gehn, woselbst sie sich bei der veränderten Stellung entleeren, oder auch schon früher durch eine andere Vorrichtung umgekippt werden und ihren Inhalt fallen lassen. Dieses sind die sogenannten Kastenwerke oder Norien, welche man schon seit langer Zeit besonders in Italien angewendet hat und die bei einer passenden Einrichtung für grössere Hubhöhen sehr günstige Resultate zu geben pflegen. Die Reibung beschränkt sich bei ihnen allein auf diejenige, welche an den wenigen Axen und an der Kette stattfindet. Sie heben das Wasser in gut schliessenden Kasten und auf dem kürzesten Wege auf die erforderliche Höhe, woher kein grosser Kraftverlust dabei eintritt. Dabei kommen jedoch manche erhebliche Uebelstände vor, die sich besonders darauf beziehn, dass beim Entleeren der Kasten das Wasser nicht vollständig aufgefangen wird, so dass häufig ein grosser Theil desselben wieder zurückstürzt; ferner dass das Wasser gewöhnlich auf eine bedeutend grössere Höhe gehoben werden muss, als es aufgefangen wird, und endlich dass das Füllen der Kasten wegen der darin enthaltenen Luft Schwierigkeiten verursacht, besonders wenn die Kasten senkrecht her-

abgeführt werden. Um diese Mängel zu beseitigen, hat man verschiedene Modificationen eingeführt, die kurz bezeichnet werden sollen. Im Allgemeinen ist aber zu bemerken, dass diese Maschinen eine langsame Bewegung erfordern, weil sie sonst weder leicht das Wasser schöpfen, noch auch an der passenden Stelle es ausgiessen würden.

Fig. 242 stellt eine Norie vor, welche durch eine Art von Kammrad in Bewegung gesetzt wird, oder wo die Stöcke, welche die Kette fassen, an der einen Seite aus der Radfläche heraustreten. Wenn man das ausgegossene Wasser hier vollständig auffangen will, so ist es nöthig, dass der Trog, der es aufnimmt, nur wenig höher, als die Axe des Rades liegt, woher die Welle an dieser Seite des Rades nicht vorstehn darf, vielmehr auf der andern Seite ihre beiden Lager haben muss. Ferner fängt man das Wasser zuweilen, wie Fig. 243 im Durchschnitte zeigt, in der Trommel selbst auf. Die beiden Ketten, zwischen welchen die Eimer befestigt sind, werden nämlich über zwei gusseiserne Scheiben geführt, deren jede sechs Arme hat, womit die Ketten gefasst und geführt werden. Die Zwischenräume zwischen je zwei Armen sind mit Blech ausgefüttert, so dass sich hier abgeschlossene Tröge bilden, die jedoch eine starke Neigung nach der einen Seite erhalten, oder hier sich der Drehungsaxe merklich nähern müssen. Eine Modification dieser Anordnung bezieht sich noch darauf, dass man das Wasser aus den Trögen auch in die hohle Welle des Rades hineinfliessen lässt, indem sich am Boden jedes Troges ein oder mehrere Ventile befinden, die nach innen aufschlagen. Das Wasser kann alsdann aus dem obern Troge durch das geöffnete Ventil in die Axe hineinfliessen, während alle Ventile an der untern Seite der Welle geschlossen sind und dadurch das Ausfliessen hier verhindert wird. Demnächst lässt man die Kasten auch zuweilen seitwärts das Wasser ausgiessen, wie bei Gelegenheit der Schöpfräder (Fig. 247 und 248) erklärt werden wird. Am häufigsten giessen die Kasten, nachdem sie auf die obere Trommel getreten sind, das Wasser in der Richtung nach vorn aus. Besonders zweckmässig ist in diesem Falle die in Fig. 244 dargestellte Einrichtung, welche von Gateau herrührt und die man in Frankreich verschiedent-

ch mit vielem Vortheile benutzt hat.*) Die Kasten, welche etwa 1 Fuss hoch, 6 Zoll breit und 9 Zoll lang sind, haben zwei Oeffnungen, nämlich wenn man die Stellung betrachtet, in welcher sie aufsteigen und mit Wasser gefüllt sind, so haben sie oben und zwar zur Seite neben dem schrägen Boden einen offenen Schlitz, der gar nicht geschlossen werden kann und durch welchen sie sich füllen und entleeren; unten dagegen ist eine kleinere Oeffnung befindlich, welche mit einem Klappenventile geschlossen ist. Sobald ein Kasten über die obere Trommel getreten ist, so öffnet sich das Ventil von selbst vermöge seines Gewichtes und bleibt so lange offen, bis der Kasten wieder die erste Stellung einnimmt. Diese Anordnung erleichtert ausserordentlich die Füllung des Kastens, denn wie das Wasser durch die erste Oeffnung eintritt, so entweicht die Luft durch das Bodenventil. Um aber das Wasser, das über dem geneigten Boden des Kastens ausströmt und dadurch schon seitwärts geführt wird, vollständig auffangen zu können, so befindet sich unmittelbar neben und zwar etwas unter der ersten Trommel noch eine zweite, welche die Kette nebst den Kasten bis unter die Axe der ersten Trommel zurückführt. Auf solche Art wird es möglich, die Rinne hinreichend weit unter die Kette zu schieben, ohne dass sie der Bewegung der Kasten hinderlich wird. Unten ist endlich noch eine dritte gleiche Trommel angebracht, deren Axe aber nicht mit dem festen Rahmen verbunden ist, sondern die nur frei auf der Kette liegt, um die auf- und abwärtsgehenden Kasten gehörig von einander entfernt zu halten. Beim Bau des Canales St. Maur an der Marne oberhalb Paris wurde diese Maschine von Emmery benutzt und über ihre Leistung, sowie über die dazu erforderliche Betriebskraft eine Reihe von Beobachtungen angestellt; es ergab sich, dass ihr Nutzeffect sich ungefähr so gross herausstellte, wie das Verhältniss der ganzen Höhe, auf die das Wasser wirklich gehoben werden musste, sich zu der nutzbaren Hubhöhe verhält, und da die Differenz beider eine constante Grösse ist, welche durch die Art der Aufstellung bedingt wird, so erreicht man einen um so grössern Effect, je höher man mittelst dieser Maschine das Wasser hebt.

---

*) Vergl. Navier's Ausgabe von Bélidor's *Architecture hydraulique* p. 581 und *Recueil de dessins etc.*

Die Einrichtung der hierbei benutzten Kette ergiebt sich aus der Figur, es greifen nämlich durch jeden Kasten zwei eiserne Axen hindurch und diese sind mit den Axen der nächsten Kasten durch Kettenglieder verbunden. Zuweilen lässt man noch zwei andere Kettenglieder über die beiden Axen zur Seite der Kasten übergreifen. Die vortretenden Enden der Axen legen sich ausserhalb der Kettenglieder in die Einschnitte, die sich in den gusseisernen Scheiben der Trommeln befinden, und es sind jedesmal zwei solche Scheiben an derselben Axe befindlich, wozwischen die Ketten nebst den Kasten geführt werden. Für die regelmässige Führung der Kette genügt es, solche Scheiben nur in der obersten Trommel anzuwenden, und man kann die zweite Trommel, welche die erste berührt, aus vollen und zwar hölzernen Scheiben darstellen, die keine Einschnitte haben, dasselbe gilt auch von der untern Trommel. Dieses ist die gewöhnliche Einrichtung, die aber in der Figur nicht gewählt ist, weil die vollen Scheiben zu viel verdeckt haben würden. Bei Beurtheilung der Wirksamkeit dieser Maschine macht Navier die Bemerkung, dass die Zurückführung des herabgehenden Kettenstranges gegen die Axe der obersten Trommel insofern sehr unzweckmässig ist, als dadurch das Gewicht dieses Theiles an einen so kurzen Hebelsarm gehängt wird, dass es der aufsteigenden Kette nicht das Gleichgewicht halten kann und man sonach bei der Drehung nicht nur das Wasser, sondern auch die halbe Kette mit den Eimern heben muss. Diese Ansicht ist augenscheinlich falsch, indem die Geschwindigkeit der aufsteigenden Kette eben so gross ist, als die der herabgehenden. Wenn Navier's Besorgniss gegründet wäre, so würde die Norie in freier Luft aufgestellt fortdauernd umlaufen und ein Perpetuum Mobile bilden.

Endlich hat man noch die Einrichtung getroffen, dass jeder Eimer oder Kasten nicht an zwei Axen der Kette, sondern nur an einer hängt, um welche er sich dreht, und sobald er bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist, wird er durch einen festen Haken oder Pflock gefasst, der bei der fortgesetzten Hebung ihm eine so schräge Stellung giebt, dass er seinen Inhalt ausgiesst. Eine Anordnung dieser Art zeigt Fig. 245. Es tritt dabei noch der Vortheil ein, dass der Eimer, sobald er leer wird, eine ge-

eigte Stellung einnimmt und dadurch seine Anfüllung mit Wasser ich erleichtert.

Bei allen hier beschriebenen Norien hängen die Eimer oder Kasten zwischen zwei Ketten, welche mit ihren vortretenden Axen ich auf die gabelförmigen Arme der Scheiben an den Trommeln auflegen, diese Anordnung ist aber keineswegs nothwendig, vielmehr können alle verschiedenen Arten des Eingriffes von Ketten n Räderwerk auch hierbei ihre Anwendung finden. Gemeinhin würde auch eine einzige Kette genügen, und nur in dem letzterwähnten Falle, wo nämlich der Eimer um eine Axe sich frei dreht, muss er zwischen zwei Ketten hängen. Verschiedene hierbei vorkommende oder anwendbare Abänderungen sollen gelegentlich erwähnt werden: schon bei der Beschreibung des geneigten Schaufelwerks und der Kettenpumpe wird von solchen die Rede sein.

Demnächst sind die Schöpfkasten oder Eimer zuweilen nicht an Ketten ohne Ende, sondern an einem Rade befindlich, und zwar sind sie am Umfange desselben entweder fest angebracht, oder sie können sich noch um gewisse Axen drehn, wobei ihre Füllung und hauptsächlich ihre Entleerung erleichtert wird. Diese Räder nennt man Schöpfräder, doch wird eine besondere Art derselben erst in der nächsten Klasse der Schöpfmaschinen erwähnt werden. Wenn an dem Radkranze bewegliche Eimer angebracht sind, so können diese wieder auf sehr verschiedene Art, sobald sie sich entleeren sollen, geneigt werden. Fig. 246 zeigt eine ziemlich einfache Vorrichtung, die keiner ausführlichen Erklärung bedarf. Jeder Eimer hat einen eisernen Bügel, womit er gegen den Rand des Troges streift und dadurch gedreht wird. Man hat indessen hierbei nicht nur Drehungsaxen für die Eimer angewendet, die mit der Drehungsaxe des Rades parallel sind, sondern mitunter sie auch schräge gestellt, so dass der Eimer in gewisser Höhe seitwärts umschlägt und sich in den an der Seite des Rades angebrachten Trog entleert. Es kann auch hier, ebensowohl wie bei den Norien, die Einrichtung angebracht werden, die bei Baggermaschinen vorkommt, dass nämlich, ehe ein Eimer sich dreht und entleert, durch die Maschine selbst die Rinne vorgeschoben wird, welche seinen Inhalt aufnimmt, die aber gleich darauf sich wieder zurückzieht, um dem folgenden Eimer nicht hinderlich zu werden.

Wenn dagegen das Schöpfrad mit festen Kasten oder Eimern versehn ist, so nennt man es ein **Chinesisches** Schöpfrad. In der einfachsten Form trägt es an seinem Umfange eine Reihe von kurzen Büchsen oder kleinen Tonnen (in China sind es Bambusröhren), die an einer Seite geöffnet, an der andern geschlossen sind. Sie werden so befestigt, dass sie sowohl gegen die Ebene des Rades schräge stehn, als dass auch ihre beiden Enden in verschiedene Entfernung von der Axe treffen, und zwar liegt das offene Ende der Axe näher als das geschlossene. Man wendet diese Räder auch in Europa vielfach zu verschiedenen ökonomischen Zwecken an. So wird im Wupperthale bei Elberfeld und Barmen das Wasser für die Bleichen hierdurch gehoben; an den Ufern der Etsch sieht man sie häufig behufs der Bewässerungen angewendet, das grosse und in früherer Zeit berühmte Wasserrad in Bremen, welches das Wasser aus der Weser nach mehreren Theilen der Stadt leitete, stimmte hiermit gleichfalls überein. In allen diesen Fällen erfolgt die Bewegung des Rades durch die Strömung desselben Wassers, von welchem ein Theil gehoben wird, indem an dem Radkranze zwischen den Röhren zugleich Radschaufeln angebracht sind, welche durch die Strömung bewegt werden. Fig. 247 zeigt in *a* und *b* ein solches Rad, wie es bei Elberfeld üblich ist. Die Röhren bestehn daselbst aus kleinen Fässern und man bemerkt, wie dieselben sich unten füllen, alsdann in aufrechter Lage ansteigen und oben das enthaltene Wasser zur Seite ausgiessen, welches in eine Rinne fällt, die es weiter führt. Hierbei wird nahe die ganze Wassermenge, die gehoben wurde, wirklich aufgefangen, doch geht ein grosser Theil der Hubhöhe verloren, indem die Rinne einige Fuss tief unter dem obern Rande des Rades liegen muss, wenn sie alles Wasser auffangen soll. Noch muss erwähnt werden, dass man diese Räder in Tyrol nicht auf feste Gerüste, sondern auf Rahmen zu hängen pflegt, die Hebel bilden, und um horizontale Axen sich drehn. Indem sie am andern Ende mit passenden Gegengewichten beschwert sind, so geben sie Gelegenheit, die Räder nach Maassgabe des verschiedenen Wasserstandes beliebig zu heben und zu senken.

Das in Fig. 248 *a* und *b* in der Seitenansicht und im Durchschnitte dargestellte Rad ist mit dem beschriebenen wesentlich

übereinstimmend, der Unterschied liegt nur in der Form der Eimer, welche hier grosse Kasten sind und daher jedesmal eine grössere Wassermenge fassen. Die Oeffnung derselben ist aber ganz entsprechend mit der beschriebenen Stellung der Röhren angeordnet, sie befindet sich nämlich an demjenigen Theile des Kastens, der beim Ansteigen desselben nach oben gekehrt ist, und überdies tritt die Ausgussrinne vor die Seitenfläche des Rades vor. Perronet wandte zur Trockenlegung der Baugrube der Brücke zu Neuilly ein solches Rad von 14 Fuss Durchmesser und 3¼ Fuss Breite an. Das Wasser wurde damit 9 Fuss hoch gehoben und die Bewegung ging von einem Wasserrade aus, das in der Seine hing und mittelst zweier Räder und Getriebe dieses drehte: die Geschwindigkeit des Wasserrades war der des Schöpfrades gleich. Auch in neuerer Zeit hat man dieses Rad zu demselben Zwecke benutzt, wie beim Bau des neuen Hafens am Salzmagazine in Berlin, woselbst es durch Menschenkraft mittelst Kurbeln und eines Vorgeleges bewegt wurde. *) Auch das beim Schleusenbau zu Rothenburg an der Saale angewandte Rad gehört zum Theil noch hierher, obwohl es schon den Uebergang zu dem später zu beschreibenden Schneckenrade bildet. **)

C. Unter denjenigen Schöpfmaschinen, welche in gewissen beweglichen Canälen das Wasser heben, durch deren veränderte Neigung dieses nach der Ausflussmündung fliesst, verdient zunächst der Wipptrog erwähnt zu werden, der entweder einfach oder doppelt ist. Fig. 249 stellt einen doppelten Wipptrog vor, wie er beim Bau der Brücke zu Orleans angewandt wurde. *a* ist die Ansicht von der Seite und *b* von oben. Eine Rinne von 32 Fuss Länge, 1 Fuss Breite und 1 Fuss Höhe, deren beide Enden aufwärts gebogen sind, schwingt um eine horizontale Axe in der Mitte. Dieser Trog wird abwechselnd auf einer und der andern Seite ins Wasser herabgedrückt und es öffnen sich alsdann die beiden im Boden befindlichen Ventile, wodurch der Trog sich jedesmal mit Wasser anfüllt. Wird er darauf in die entgegengesetzte Stellung gebracht, wobei das Wasser auf der andern Seite einfliesst, so wird die erste Wassermasse nach

*) Crelle's Journal für die Baukunst. Bd. IX. S. 1.
**) Verhandlungen des preuss. Gewerbevereins. Jahrg. 1836. S. 282.

der Mitte der Rinne geschleudert, und hier hemmt sie die Zwischenwand ihre fernere Bewegung und zwingt sie, durch den betreffenden Seitenabfluss zu entweichen. Auf solche Art öffnet sich eine Seite nach der andern und der Inhalt fliesst bald vor, bald hinter der Axe aus. Ueber den Effect dieses Troges führt Perronet an, dass an jeder Seite zehn Mann angestellt waren, die mittelst Leinen wie an einer Ramme zogen; sie machten in der Viertelstunde 150 Stösse und hoben durchschnittlich jedesmal 4 Cubikfuss Wasser 3 Fuss hoch. Eine so langsame Bewegung war nothwendig, weil man nach jedem Stosse das vollständige Abfliessen des Wassers abwarten musste, die Anstrengung war daher nur mässig, und die Arbeit konnte ohne Abwechselung der Mannschaft den ganzen Tag hindurch fortgesetzt werden. Die Uebelstände, die Perronet von dieser Maschine erwähnt, beziehn sich zunächst darauf, dass sie zu viel Raum einnahm, und sodann auch, dass sie durch das Aufstossen auf das Wasser einen heftigen Wellenschlag erzeugte, wodurch das frische Mauerwerk beschädigt wurde. Bei dem erwähnten Brückenbau wurde die Benutzung dieser Maschine auch bald eingestellt und man wählte dafür das Schöpfen mit Handeimern.

Der einfache Wipptrog, der mit der Hälfte des beschriebenen Troges übereinstimmt, ist am äussern Ende des Bodens mit einem oder zwei Ventilen versehn, die das Wasser einlassen. Dasselbe fliesst aber in diesem Falle unmittelbar am andern Ende des Troges über dessen Axe aus, oder da, wo beim doppelten Wipptroge die Zwischenwand befindlich ist. Das eine Ende des Troges liegt also auf der Abflussrinne, und zwei Mann heben mittelst Handhaben das andere Ende jedesmal auf. Es ist nicht denkbar, dass hierbei irgend ein Vortheil gegen das Schöpfen mit Eimern stattfinden sollte, und die Arbeit ist gewiss sehr anstrengend, weil der schwere Trog so lange in der Höhe gehalten werden muss, bis alles Wasser ausgeflossen ist.

Das früher erwähnte, beim Bau der Rothenburger Schleuse angewendete Schöpfrad bildet eigentlich einen Kranz von ähnlichen Trögen, die aber nicht durch Ventilöffnungen, sondern durch offene Einflussmündungen das Wasser schöpfen. Die sämmtlichen geraden Tröge oder Rinnen haben indessen den Nachtheil, dass bei ihrem Durchgange durch die horizontale Ebene das

e starke Beschleunigung annimmt, besonders wenn die
noch stärker neigt und sich zuletzt ziemlich steil stellt;
rdurch dem Wasser eine grosse lebendige Kraft mit-
für die fernere Bewegung der Maschine von keinem
und sich nur durch den heftigen Stoss zu erkennen
leichen Verluste an lebendiger Kraft finden nicht statt,
inne gekrümmt ist. In diesem Falle bleibt bei lang-
gung die mitgetheilte lebendige Kraft nur geringe und
hinen zeichnen sich daher durch grössere Wirksamkeit
aus.

diesen erwähne ich zuerst das Schneckenrad,
ter dem Namen Tympanum schon frühe bekannt war.
ellt es im Durchschnitte und in der Ansicht von vorn
t in eine grosse Anzahl gewundener Canäle getheilt
flussöffnungen zu denselben befinden sich in der Stirne
Das Wasser fliesst bei eintretender Drehung (in allen
n und Getrieben, die Taf. XX dargestellt sind, erfolgt
g im obern Theile von der Linken zur Rechten) in
n nach der Axe hin und ergiesst sich endlich in die
e, welche die Welle umgiebt, wie die Seitenansicht
zeigt. Die Höhe zu der das Wasser gehoben wird,
esmal merklich geringer als der Halbmesser des Rades,
indessen kein überflüssig hohes Heben des Wassers
wegung ist sanft, weil kein Kraftverlust durch plötz-
derung der Geschwindigkeit entsteht, und endlich ist das
selbst mit keiner andern Reibung behaftet, als nur mit
ässigen Axen-Reibung. Beim Bau der Brücke zu
rde dieses Rad benutzt; es war 25 Fuss hoch, im
Fuss breit und wurde dadurch in Bewegung gesetzt,
er Seite des Schöpfrades ein Laufrad angebracht war,
ter gingen. Am vortheilhaftesten stellte sich die Wir-
ades heraus, wenn es nur 6 bis 9 Zoll tief eintauchte,
Leistung übertraf alsdann die von allen sonstigen Ma-
lche durch eine gleiche Anzahl Arbeiter bewegt wurden,
bemerkt werden, dass dieser günstige Erfolg zum
Anwendung des Laufrades und der gänzlichen Abwe-
r Zwischenglieder zur Uebertragung der Bewegung
en werden muss. Sehr nachtheilig war es, dass man

mit diesem Rade, das so vielen Raum einnahm und so schwer zu versetzen war (es wog 7000 bis 8000 Pfund), doch keine grössere Hubhöhe, als etwa von 8 Fuss erreichen konnte. Seine Benutzung ist sonach in vielen Fällen ganz unthunlich und immer sehr unbequem.

Zur Bestimmung der passenden Form für die Scheidewände der Canäle im Schneckenrade hat de la Faye *) die Bedingung zum Grunde gelegt, dass das Wasser bei der Bewegung gegen die Axe senkrecht ansteigen soll, ohne seitwärts aus der lothrechten Richtung auszuweichen; dieses führt zu dem Resultate, dass die Curve der Scheidewand die Evolute des Kreises sein muss, und zwar ist der Erzeugungskreis hierbei nichts anderes, als der Umfang der Ausflussröhre, welche die Welle des Rades umgiebt. Man erreicht dadurch allerdings den Vortheil, dass das Wasser auf dem kürzesten Wege gehoben wird und sonach diejenigen Widerstände vermieden werden, welche der Verlängerung des Weges entsprechen. Der Umstand aber, dass hierdurch das Wasser immer möglichst nahe an dem durch die Axe gezogenen Lothe gehalten wird und sonach sein statisches Moment geringer ist, als wenn es weiter seitwärts entfernt würde, ist, wie schon oben bemerkt worden, von keiner Bedeutung und sonach ist der Vortheil einer solchen Anordnung auch nicht erheblich, vielmehr dürfte es bei geringer Weite der Ausflussröhre zweckmässiger sein, von dieser Construction abzuweichen und die Länge jedes Canales und sonach des Weges, den das Wasser wirklich zurücklegen muss, zu verkürzen.

Demnächst gehört in diese Klasse der Schöpfmaschinen die Wasserschnecke oder die Archimedische Schnecke. Dieselbe gewährt beinahe alle Vortheile des Schneckenrades und hat den grossen Vorzug, dass sie leicht aufzustellen ist und in einem beschränkten Raume Platz findet, auch das ihre Wirksamkeit durch ein tiefes Eintauchen nicht beeinträchtigt wird und man sie also in die gefüllte Baugrube stellen und, ohne ihre Lage zu verändern, so lange gebrauchen kann, als sie überhaupt noch Wasser schöpft. In Frankreich ist die Schnecke die gewöhnlichste Schöpfmaschine und die erwähnten Vortheile machen sie gewiss

*) Bélidor, *Architecture hydraulique. I. p.* 385.

auf Baustellen höchst empfehlenswerth, wozu noch kommt, dass sie bei der Abwesenheit aller Ventile und jedes künstlichen Verschlusses auch durch trübes Wasser und Sand eben so wenig leidet, wie das Schöpfrad. Fig. 251 zeigt die in Frankreich übliche Anordnung und Aufstellung der Schnecke. Sie hat im Durchmesser 18 bis 24 Zoll, in seltenen Fällen auch wohl darüber; ihre Länge beträgt gemeinhin 21 Fuss und sie wird gewöhnlich so gestellt, dass sie 8 Fuss hoch das Wasser hebt. Die einzelnen Gänge müssen ziemlich schmal sein, weil sie sich sonst nicht gehörig mit Wasser füllen; wollte man diese geringe Breite der Gänge durch ein einziges Gewinde mit sehr flacher Neigung darstellen, so würde die Länge desselben sich ausserordentlich vergrössern und das Wasser müsste beim Durchgange durch diese lange Röhre vielfachen Widerstand erfahren. Aus diesem Grunde bringt man nicht einen einfachen Schraubengang, sondern deren zwei, auch wohl drei an, das letztere findet namentlich bei den stärkeren Schnecken statt und diese Anordnung ist in der Figur auch dargestellt; man erreicht dabei noch den Vortheil, dass das Wasser gleichmässiger ausströmt, als wenn nur ein einzelner Gang angebracht wäre. Die Figur zeigt an beiden Seiten die äussere Ansicht der Schnecke oder ihren Mantel; an einer Stelle ist der Mantel entfernt gedacht, so dass man die aus Schaufelbrettchen gebildeten Gänge deutlich sieht, und endlich fehlen zum Theil auch diese, so dass die mittlere Welle hervortritt. Die Anzahl der Brettchen beträgt für jede Windung 20 bis 24, man pflegt sie häufig nur an der obern Seite abzuschmiegen und an der untern, wo sie weniger mit dem Wasser in Berührung sind, stufenartig vor einander vortreten zu lassen. Sie greifen mit Zapfen in die Nuthe der Welle ein; unter sich sind sie mit hölzernen Nägeln verbunden, die gleich beim Zusammensetzen eingelassen werden, und ihr äusseres Ende greift wieder in eine Nuthe, welche in die schmalen Bretter des Mantels eingeschnitten ist. Die Anfertigung der Schnecke erleichtert sich insofern, als alle Brettstückchen einander gleich sind und man daher nur für eine Chablone zu sorgen hat. Die Construction derselben ergiebt sich sehr einfach aus der beschreibenden Geometrie, doch erfordert die Zusammensetzung viele Aufmerksamkeit, weil ein dichter Schluss wegen der langsamen Bewegung dringendes Er-

forderniss ist. Zur Darstellung dieses guten Schlusses d
besonders die Zugbänder, die etwa in 4 Fuss Abstand u
Mantel gelegt sind. Im Hâvre sah ich eine Schnecke anfe
welche von der beschriebenen Construction insofern abwic
die Gänge nicht in eine Nuthe des Mantels eingriffen, s
nur stumpf dagegen stiessen; nachdem die Brettchen über ge
Leinwand in die Fuge der Welle eingesetzt und scharf zusa
getrieben, auch in den Stossfugen gedichtet waren, legte m
Schnecke in den Rahmen, worin sie später aufgestellt
sollte, und indem man sie drehte, so arbeitete man nach
vorgehaltenen Lineale den äussern Rand der Gänge sehr
cylindrisch ab. Alsdann wurden Latten von 3 Zoll Breite,
den Mantel bilden sollten und die im Innern nach der pas
Form etwas hohl gehobelt waren, mit sehr weiten Fugen au
und durch Zugbänder fest zusammengetrieben. Indem si
kaum berührten, so bewirkten die Zugbänder, dass sie rec
gegen die Schraubengänge gedrückt wurden. Es blieben s
nur noch die Zwischenräume in dem Mantel selbst zu di
und dieses geschah durch das beim Schiffsbau übliche B
indem aufgelockertes Tauwerk mit passenden Eisen rech
hineingetrieben und sodann heisses Pech darauf gegossen w
Diese Methode ist jedoch in Frankreich nicht allgemein
vielmehr ist die zuerst erwähnte Verzapfung wohl am häu
im Gebrauche, auch pflegt man die Bretter, welche den M
bilden, durch Spundung in einander greifen zu lassen. *)

Aus den Versuchen, die d'Aubuisson und Hachette anf
ergiebt sich, dass eine Schnecke am vortheilhaftesten wirkt,
sie unter 30 Graden gegen den Horizont geneigt ist, doch n
man es in Frankreich hiermit nicht zu genau und stellt sie
wohl unter 45 Graden auf. Man hat auch durch Versuch
ermitteln gesucht, unter welcher Neigung die Windungen
vortheilhaftesten ansteigen, doch sind die Resultate hierüber
so entscheidend ausgefallen, dass sich eine allgemeine Regel
über aufstellen liesse, man muss indessen jedenfalls dafür so
dass das Wasser bei der gewählten Aufstellung der Schn
nicht zurückfliesst. Nach den von Mallet angestellten Beob

---

*) *Recueil de dessins, rélatifs à l'art de l'ingénieur.*

ngen konnte mittelst einer Schnecke von dreifachen Gängen, ie 19 Fuss lang war, 19 Zoll im Durchmesser hatte, durch Arbeiter, die in der Minute 35 Umdrehungen machten, eine Vassermenge von 1358 Cubikfuss in der Stunde auf 10½ Fuss öhe gehoben werden. Gewöhnlich rechnet man in Frankreich, ss ein Arbeiter, der während des Tages 6 Stunden hindurch irklich die Schnecke dreht, in der Stunde 15 Cubikmeter (485 ubikfuss) 1 Meter (3 Fuss 2 Zoll) hoch hebt. Die Arbeit an r schrägen Kurbel ist aber sehr unvortheilhaft und man muss her für eine zweckmässigere Anstellung der Leute sorgen, die erdies an der Kurbel selbst gewöhnlich nicht sämmtlich Platz den. Am einfachsten lässt sich dieses durch Zugstangen erichen, die horizontal hin- und hergeschoben werden, doch müssen eselben entweder an zwei, in passender Neigung gegen einander richteten Kurbeln, angebracht sein, damit die eine Stange recht äftig wirkt, während die andere ihre Wirksamkeit verliert, oder muss sich an der Axe der Kurbel ein kräftiges Schwungrad finden.

Häufig tritt der Anwendung der Wasserschnecke das Vorurtheil tgegen, dass man glaubt, sie höre auf zu wirken und könne ein Wasser heben, sobald ihre untere Mündung nicht zum Theil ber der Oberfläche des Wassers liegt, so dass jeder einzelne ang abwechselnd Wasser und Luft schöpft. Wenn dieses richtig äre, so würde man gezwungen sein, die Schnecke nach dem desmaligen Stande des Wassers in der Baugrube zu verstellen. ei den Bauten an der Ems im Hannöverschen hatte man, um eser Bedingung zu genügen, ohne die Maschine verstellen zu irfen, den Mantel der Schnecke vielfach durchbohrt, damit die uft Zutritt erhalten sollte; ein starker Wasserverlust war die türliche Folge dieser Anordnung. Dass die Vorsicht in Betreff r Zuleitung der Luft ganz überflüssig ist, ergiebt sich daraus, ss man in Frankreich und ebenso in Holland und im südlichen eutschlande, wo die Schnecke oft benutzt wird, hierauf gar keine ücksicht nimmt und man sie beim jedesmaligen Beginne der rbeit tief unter Wasser stellt; gerade in dieser Zeit zeigt sie ch aber wegen der geringen Hubhöhe besonders wirksam. Jenes orurtheil ist wahrscheinlich durch die Erscheinungen veranlasst, e kleine Modelle zeigen, wobei der Schneckengang nur durch

eine gläserne Röhre dargestellt ist. Wenn eine solche Röhre so enge ist, dass Luft und Wasser sich nicht zugleich in demselben Querschnitte befinden können, so ist freilich das Schöpfen der Luft nothwendig; sobald nämlich keine Luft in den obern Theilen der Windungen sich befindet, diese vielmehr ganz mit Wasser gefüllt sind, so wird bei jeder Erhöhung des Wasserspiegels in der Röhre der Inhalt derselben augenblicklich zurückfliessen und sich mit dem äussern Wasser ins Niveau setzen, weil die obern Theile aller Windungen als gefüllte Heber wirken. Ganz anders verhalten sich aber grössere und gehörig bearbeitete Modelle und noch mehr diejenige Wasserschnecke, die man wirklich anwendet. Denkt man eine solche Schnecke bis oben mit Wasser gefüllt, so wird freilich zunächst dieselbe Erscheinung, wie im gläsernen Modelle eintreten, dass heisst, das Wasser wird in heftigen Strome zurückfliessen, indem die einzelnen Gänge wieder wie Heber wirken. Sobald sich aber in dem obersten Gange der Wasserspiegel bis unter die Welle gesenkt hat, so tritt sogleich die Luft auch von oben ein und setzt den nächsten Heber, oder den obern Schenkel der folgenden Windung ausser Thätigkeit, indem sie ihn anfüllt. Dasselbe geschieht bei allen folgenden Windungen und sonach wird die Wirksamkeit aller Heber gestört, und die Luft kann ganz frei von oben herab bis zu derjenigen Windung des Schneckenganges treten, die zunächst über dem äussern Wasserspiegel sich befindet. Es stellt sich also jedesmal ganz von selbst eben der Erfolg dar, den man durch jene besondere Aufstellung der Wasserschnecke herbeiführen will. Ein Unterschied kann hierbei nur insofern eintreten, als die einzelnen Gänge sich nicht so vollständig füllen, wie dieses geschehn wäre, wenn sie schon durch die untere Mündung Luft geschöpft hätten. Es füllt sich nämlich in dem letzten Falle die untere Windung so weit an, bis das Wasser darin über der Welle abläuft, und wenn die Schnecke ganz gleichmässig bearbeitet ist und kein Verlust auf dem ferneren Wege eintritt, so werden die sämmtlichen Gänge eben so hoch sich anfüllen. Sobald aber die Luft von oben eintreten muss, so bestimmt sich der Wasserstand in jeder einzelnen Windung dadurch, dass die Luft unter der Welle hindurchtreten kann. Bei der geneigten Lage der Welle dürfte gewöhnlich dieser Unterschied nicht bedeutend sein, doch findet

er im Allgemeinen gewiss statt. Der Nachtheil, der hieraus hervorgeht, äussert sich darin, dass bei jeder einzelnen Umdrehung der Schnecke eine etwas geringere Wassermenge ausfliesst, da aber die sämmtlichen Gänge bis zum Wasserspiegel der Baugrube sich in demselben Verhältnisse minder hoch anfüllen und sonach kein Zurückfliessen des bereits gehobenen Wassers erfolgt, so vermindert sich auch die zur Drehung der Schnecke erforderliche Kraft in gleichem Maasse und der Nutzeffect ist daher derselbe, oder eine gleiche Betriebskraft kann im letzten Falle eine grössere Geschwindigkeit darstellen und dadurch wieder die gleiche Wassermenge in gleicher Zeit heben. Wenn hierbei, wie allerdings möglich ist, auch geringe Differenzen wegen der minder günstigen Geschwindigkeit oder vielleicht aus andern Gründen eintreten sollten, so werden sie doch sehr geringfügig bleiben und gewiss weit weniger störend sein, als wenn man bei jeder Aenderung des Wasserstandes in der Baugrube sogleich die Schnecke verstellen müsste. In neuerer Zeit hat man häufig Schnecken in viel grösseren Dimensionen, und zum Theil aus Eisenblech ausgeführt, die durch Dampfmaschinen bewegt werden.

D. Endlich können die Schöpfmaschinen auch eine solche Einrichtung haben, dass das Wasser in gewissen festen Rinnen oder Röhren aufsteigt, indem darin Kolben angebracht sind, welche es aufwärts treiben. Der Kolben bewegt sich dabei entweder immer in derselben Richtung durch die ganze Röhre, oder er wird abwechselnd auf- und abgestossen. In beiden Fällen veranlasst der Druck der Luft das Wasser dem Kolben zu folgen, und der Ueberschuss des Luftdruckes von der äussern Seite lässt sich nur darstellen, indem das Zutreten der Luft durch das Rohr bis unter den Kolben verhindert wird. Bewegt sich der Kolben abwechselnd auf und ab, wie in einer Pumpe, so muss er einen dichten Schluss im Rohre bilden, wenn dagegen eine Kette ohne Ende hindurchgezogen ist, an der sich eine ganze Reihe von Kolben befindet, von der immer mehrere gleichzeitig in der Röhre sind und mit grosser Geschwindigkeit in derselben Richtung diese durchlaufen, so ist ein genauer Schluss der Kolben gegen die Röhrenwand nicht mehr nothwendig, weil das über den verschiedenen Kolben be-

findliche Wasser, wenn es auch Anfangs durch die weit geöffneten Fugen stark zurückfliessen sollte, die Absperrung gegen den Zutritt der Luft von oben bildet. Indem aber alle Luft mit dem Wasser herausgerissen wird und ein Wiedereintritt derselben unmöglich ist, so füllt sich trotz eines weiten Spielraums rings um die Kolben dennoch sehr schnell die Röhre mit Wasser an; letzteres stützt sich aber auf die verschiedenen Kolben, die gerade in Wirksamkeit sind, und da es wegen ihrer schnellen Bewegung nicht vorbeifliessen kann, vielmehr an dieser Theil nehmen muss, so zeigt sich die sehr günstige Erscheinung, dass auch bei einem sehr mangelhaften Schlusse der Kolben, der ausfliessende Strahl dennoch weder unterbrochen, noch auch von einem merklich geringeren Querschnitte als die Röhre ist. Es wäre freilich denkbar, dass zwischen den Kolben und der Röhrenwand noch eine ruhende Wasserschicht bliebe und dadurch eine Verringerung des Querschnittes der aufsteigenden Wassersäule einträte; die Versuche, die ich später anführen werde, geben dieses aber nicht zu erkennen und sonach ist kein Grund vorhanden, bei Maschinen dieser Art genau schliessende Kolben darzustellen, wodurch man einerseits die Anschaffungskosten sehr vermehren würde und andererseits auch die Betriebskraft wegen der stärkeren Reibung vergrössern müsste. Hauptbedingung ist es aber, dass man der Kette eine starke Geschwindigkeit von wenigstens 3 bis 4 Fuss in der Secunde giebt.

Zu diesen Maschinen gehört zunächst das geneigte Schaufelwerk. Eine Rinne, die im Lichten 1 bis 2 Fuss breit und 6 Zoll bis 1 Fuss hoch ist, wird aus Bohlen zusammengesetzt und in den Fugen gehörig gedichtet, so dass sie die wasserdichte Röhre oder den Förderkasten bildet. Man legt sie so, dass ihr oberes Ende in die Ausgussrinne reicht und das untere Ende sich ganz unter Wasser befindet. Eine Kette ohne Ende, woran sich die Kolben oder Schaufeln befinden, ist durch sie hindurchgezogen und wird über ihr in einer zweiten Rinne, dem Laufkasten, wieder zurückgeführt. Um diese Kette in Bewegung zu setzen und um sie zugleich recht regelmässig in die Rinne einzuführen und hindurchzuziehn, so sind an beiden Enden Trommeln angebracht. Auf beide Trommeln legen sich die Kettengelenke gehörig schliessend auf, und werden von der

obern Trommel so sicher gefasst, dass die Bewegung derselben sich vollständig auf die Kette überträgt und ein Abgleiten oder Nachgeben nicht zu besorgen ist.

Die Bewegung kann durch Menschenkraft oder Wasserkraft erfolgen, auch ist die Anwendung eines Pferdegöpels hierbei besonders üblich und namentlich kommt dieses in Holland gewöhnlich vor, wo man das geneigte Schaufelwerk vorzugsweise zum Ausschöpfen der Baugruben benutzt. Fig. 252 auf Taf. XXI. zeigt diese Anordnung. Ueber den Fangedamm, den man hier von der Seite sieht, wird auf einer leichten Rüstung ein Göpel aufgestellt; derselbe erhält seine Befestigung vorzugsweise durch einen starken und gehörig verstrebten Bock. An dem Tummelbaume befindet sich unter dem Boden, worauf die Pferde gehn, ein Kammrad von 10 bis 16 Fuss Durchmesser, und dieses greift in einen Trilling, der an seinem andern Ende die Trommel für die Kette trägt. Diese Trommel hat wieder die Gestalt eines Trillings, wobei die Stöcke jedoch aus Eisen bestehn. Gewöhnlich hat die Trommel acht Stöcke, und ihr Durchmesser oder der Abstand der Stöcke von der Axe muss so gewählt sein, dass beim Umlegen der Kette um dieselben sich wieder ein regelmässiges Achteck darstellt. Wenn die Trommel nur vier Stöcke hat, so bildet sich zwischen den beiden Kettengliedern, die mit ihren Enden auf denselben Triebstock treffen, jedesmal ein rechter Winkel, und sonach zieht der Triebstock, indem er immer senkrecht gegen das vorhergehende Kettenglied drückt, sehr sicher die Kette herauf. Wird die Anzahl der Triebstöcke etwa fünf oder sechs, so findet dieses nicht mehr mit derselben Sicherheit statt, und man muss alsdann mit grosser Vorsicht für die gehörige Spannung der Kette sorgen, weil sie sonst leicht abgleitet. Vergrössert sich die Anzahl der Triebstöcke aber noch mehr und steigt sie auf acht, so lässt sich die Kette durch das blosse Anlegen der Stöcke nicht mehr sicher fassen; wenn aber ein Gleiten eintreten sollte, so würde nicht nur die Wirkung der Maschine aufhören, sondern die Glieder würden sich auch verbiegen, man muss also in diesem Falle noch einen besondern Eingriff bilden, und dieses geschieht am einfachsten, indem jedes Kettenglied dicht hinter seiner Axe mit einem Ansatze versehn wird, wogegen sich der Triebstock lehnt. Fig. 253 *a*

zeigt bei *A* diesen Ansatz: die Bewegung der Kette erfolgt aber nach dieser Figur von der Rechten zur Linken. Dass man die Anzahl der Triebstöcke über vier vermehrt, geschieht aus verschiedenen Gründen. Fürs Erste ist bei vier Stöcken der Unterschied im Zuge sehr bedeutend, je nachdem die Kette auf eine Ecke trifft, oder eine Seite des Vierecks berührt, im letzten Falle verhält sich der Zug zu dem ersteren wie 10 zu 7, und da dieses fortwährend wechselt, so stellen sich auch periodische Schwankungen in den Geschwindigkeiten der Kette und der Betriebskraft ein. Durch Vergrösserung der Seitenanzahl der Trommel wird dieser Uebelstand, wenn auch nicht ganz beseitigt, doch sehr vermindert. Sodann lassen sich auch die Kettenglieder auf eine Trommel, die nur vier Stöcke hat, nicht gehörig auflegen, indem die daran befestigten Schaufeln schon gegen die Welle stossen. Man könnte dieses dadurch vermeiden, dass man die Kettenglieder etwa doppelt so lang machte, als die Schaufeln hoch sind; dadurch würde aber der Nachtheil herbeigeführt, dass man die Anzahl der auf einmal im Förderkasten befindlichen Schaufeln auf die Hälfte verminderte, und man sonach eine grössere Geschwindigkeit der Kette geben müsste, um die ganze im Kasten enthaltene Wassermenge zu heben und ein merkliches Zurückfliessen zu verhindern. Endlich aber ist es für die Zusammensetzung der Tröge und zur Darstellung der nöthigen Steifigkeit auch vortheilhaft, wenn der Förderkasten vom Laufkasten etwas entfernt wird, wozu wieder die Vergrösserung der Trommel oder die Vermehrung der Triebstöcke in derselben dient. Am untern Ende der Kasten befindet sich eine zweite Trommel, die der obern gleich ist, und von der die Schaufeln sicher in den Kasten eingeführt werden, ohne an die Seitenwände oder den Boden anzustossen. Man erreicht dieses am leichtesten, wenn man den Boden sowohl des obern, als des untern Kasten möglichst weit unter diejenige Trommel hinführt, von welcher er die Kette aufnimmt. Die beiden Kasten sind unter sich durch übergelegte Rahmen oder Zwingen verbunden, die in Abständen von 4 bis 6 Fuss angebracht sind; an diese Zwingen sind auch die Wangenstücke befestigt, in welchen die Axen der beiden Trommeln sich drehen, und gemeinhin ist noch die Vorrichtung angebracht, die Pfanne für

die untere Axe weiter herabzuschieben, um dadurch die Kette zu spannen.

Die Anordnung der Ketten ergiebt sich aus Fig. 253 *a* und *b*. Zwei Ketten sind neben einander befindlich, deren Glieder durch gemeinschaftliche Axen verbunden sind. Jedes Glied ist an dem einen Ende gabelförmig gespalten, und umfasst das Ende des nächsten Gliedes. Die Glieder greifen durch die hölzernen Schaufeln, und halten dieselben von der einen Seite durch Ansätze und von der andern durch vorgesteckte Splinte. Gewöhnlich laufen die Schaufeln unmittelbar über die Boden der Kasten; indem sie sich dabei aber stark abnutzen, so legt man zuweilen, wie Fig. 253 zeigt, an beide Seiten jedes Kastens Eisenschienen, und versieht die Schaufeln mit entsprechenden flachen Einschnitten, die mit Eisenblechen verkleidet werden. Der freie Spielraum ringsum her beträgt etwa 6 Linien. In Frankreich wird häufig statt zwei Ketten nur eine benutzt, die aber so breit sein muss, dass sie sich noch regelmässig auf die Trommeln auflegt: dieselbe besteht alsdann aus Holz.

Bei der in Fig. 252 dargestellten Anordnung des Schaufelwerkes, die in Holland die gewöhnliche ist, bewegt sich die Kette ungefähr nur mit der Hälfte von der Geschwindigkeit, welche die Pferde annehmen. Wenn daher die Pferde nur im Schritt gehn, so bewegt sich die Kette nicht schnell genug, um das Zurückfliessen des Wassers zu verhindern. Daher ist es üblich, dass die Pferde im starken Trabe bleiben, doch werden sie so angestrengt, dass man kaum 2 Minuten hindurch die Maschine im Gange erhalten kann und alsdann Pausen von 5 Minuten und darüber eintreten müssen. Dieses geschah z. B. bei einem Bau am nordholländischen Canale. Wie ungünstig eine solche Anordnung auch sein mag, so stellt sich dabei dennoch ein grösserer Effect heraus, als wenn man die langsame Bewegung eintreten lässt. Die Rinne goss in einem ununterbrochenen Strahle das Wasser aus und dasselbe spritzte sogar mit Heftigkeit hervor. Die Dimensionen dieser Maschine waren dieselben, welche die Figuren 252 und 253 darstellen, und es ist nur noch zu bemerken, dass vier Pferde am Göpel gingen und dieser durch ein leichtes Gebäude aus Brettern umschlossen war.

Ueber die Neigung, welche man dem Schaufelwerke geben muss, um den möglichst grössten Effect zu erreichen, sind die Ansichten ziemlich verschieden. In Holland, wo diese Maschine am meisten üblich ist, stellt man sie gewöhnlich unter einem Winkel von etwa 30 Graden gegen den Horizont auf; Eytelwein hat dagegen unter der Voraussetzung, dass die Zellen zwischen je zwei Schaufeln nicht ganz, sondern nur bis zum obern Rande der untern Schaufel mit Wasser angefüllt sind, das Resultat erhalten, dass die Neigung $37\frac{3}{4}$ Grade betragen müsse, und Wiebeking will durch Beobachtungen gefunden haben, dass der Effect um so günstiger ausfällt, je kleiner man den Neigungswinkel annimmt. Er empfiehlt dafür 18 Grade, weil er seine Versuche bis zu diesem Werthe ausdehnte. Indem die ganze Einrichtung des Schaufelwerkes sich auch in der Kettenpumpe wiederholt, und diese bei einer ganz senkrechten Stellung einen sehr vortheilhaften Effect zeigt, so ist kaum anzunehmen, dass für das Schaufelwerk ein gewisses Maximum der Neigung stattfinden sollte, wenn ein solches nicht durch besondere Umstände in der Construction bedingt wäre. Jedenfalls darf das Schaufelwerk nicht gar zu lang, oder die Neigung nicht zu geringe sein, weil bei gleicher Förderungshöhe die Kette alsdann sehr lang, und folglich auch sehr schwer würde. Im Allgemeinen gewährt die geneigte Stellung den grossen Vortheil, dass man die Höhe des Ausgusses mit Leichtigkeit nach dem jedesmaligen Wasserstande verändern kann, was bei dem senkrecht gestellten Schaufelwerk oder der Kettenpumpe nicht möglich ist. Bei beiden Maschinen ist es aber vortheilhaft, sie nicht zu tief in das Wasser eintauchen zu lassen, weil sonst die Schaufeln daselbst einen zu starken Widerstand erfahren. Man hält bei uns, sowie auch in Frankreich das geneigte Schaufelwerk für keine besonders wirksame Schöpfmaschine, da es jedoch in Holland ganz gewöhnlich benutzt wird, so muss man wohl annehmen, dass es auch seine Vorzüge hat, und es lässt sich in der That nicht absehn, weshalb es den andern Schöpfmaschinen weit nachstehen sollte, doch bedarf es einer grossen Geschwindigkeit.

Die Kettenpumpe oder das Paternosterwerk ist dem geneigten Schaufelwerke sehr ähnlich, und unterscheidet sich eigentlich nur dadurch von demselben, dass es senkrecht steht.

Seine gewöhnliche Anordnung ist diese: ein hölzernes Pumpenrohr, das etwa 4 Zoll weit gebohrt ist, bildet die Röhre, worin das Wasser gehoben wird, eine Kette ist hindurchgezogen, die an der äussern Seite desselben herabgeht, und an der Kette befinden sich die einzelnen Kolben oder Scheiben, die vor sich das Wasser herauftreiben. Die Kette erhält ihre Bewegung durch eine Gabelwalze oder eine hölzerne Walze, in welcher sechs gabelförmige Arme angebracht sind. Obgleich die Maschine dieser Art sich immer recht günstig gezeigt hat, so findet sie dennoch nur selten Anwendung, vielleicht weil die gewöhnliche Kette nicht sicher von den Gabeln gefasst wird: bald greifen die Gabeln gar nicht ein, so dass die Kette darüber gleitet und für eine kurze Zeit stehn bleibt, bald dagegen kommt eine Scheibe gerade auf eine Gabel zu liegen und verursacht eine solche Spannung der Kette, dass man die Walze zurückdrehn und die Kette etwas verschieben muss; der gewöhnlichste und zugleich auch der unangenehmste Fall ist aber, dass die Kette sich fest klemmt und nicht von selbst aus der Gabel fällt. Alsdann muss die Maschine angehalten und die Kette gewaltsam herausgerissen werden. So geschieht es, dass eine solche Pumpe nicht leicht einige Minuten hindurch im Gange zu erhalten ist, was besonders nachtheilig ist, insofern hier ebenso wie beim Schaufelwerke eine grosse Geschwindigkeit erforderlich ist.

Der regelmässige Eingriff der Kette in die Trommel lässt sich indessen ebenso leicht darstellen, wie bei dem geneigten Schaufelwerke und der Norie: man hat dieses auch mehrfach bereits versucht und namentlich ist es auf der englischen Marine geschehn, woselbst die Kettenpumpe die gewöhnliche Wasserhebungsmaschine geworden ist, sobald es darauf ankommt, grosse Wassermassen herauszuschaffen. Die Kette hat hier dieselben Ansätze, welche Fig. 253 *a* für das Schaufelwerk zeigt; man kann indessen auch die Gabelwalze zu diesem Zwecke beibehalten. Ich will eine Anordnung dieser Art beschreiben, die ich bei zwei Pumpen gewählt habe, welche einen regelmässigen Betrieb zuliessen und sehr günstige Resultate gaben. Diese Pumpen waren zum Heben gesunkener Seeschiffe bestimmt und sollten im Allgemeinen nach dem Muster derjenigen gebaut werden, welche mehrfach zu gleichem Zwecke in Neufahrwasser benutz

waren und sich daselbst sehr vortheilhaft gezeigt hatten. Die letzteren glichen genau dem Paternosterwerke, welches schon Perronet benutzte und das Eytelwein in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst beschrieben hat: ein Unterschied fand nur insofern statt, als das Rohr auf 7½ Zoll Weite gebohrt war. Beim Gebrauche dieser Pumpe zeigten sich indessen die erwähnten vielfachen Unterbrechungen und eben deshalb gab ich der Kette eine andere Einrichtung. Fig. 254 *a* und *b* ist die Ansicht der ganzen Pumpe von der Seite und von vorn, und Fig. 255 *a*, *b* und *c* zeigt die gewählte Construction der Kette und der Gabeln.

In Betreff der Kette ist nur zu erwähnen, dass die Schraubenbolzen, welche zwischen je zwei Gliedern die Verbindung darstellen, sich nicht drehn dürfen, denn sobald dieses geschieht, so lösen sich leicht die Muttern und es stürzt wohl die ganze Kette herab. Man vermeidet dieses dadurch, dass man in dem gabelförmigen Ende jedes Gliedes zunächst dem Kopfe des Bolzens das Loch nicht rund, sondern viereckig macht und dem Bolzen selbst hier einen quadratischen Querschnitt giebt. Den Gabeln darf die Abrundung am Ende nicht fehlen, weil sonst das breite Ende des vorhergehenden Gliedes, womit die Kette sich auf die Gabel stützt, sich nicht lösen kann. Die vordere Seite jeder Gabel *D* muss so gekrümmt sein, dass sie einen Kreisbogen bildet, der aus der Axe des nächstfolgenden Kettenbolzens *B* beschrieben ist (Fig. 255 *a*). Dass alle einzelnen Kettenglieder und Gabeln nach gehörigen Chablonen angefertigt werden müssen, versteht sich von selbst, aber eine besondere Schwierigkeit verursacht dabei noch die Befestigung der Gabeln. Der Versuch, dieselben in recht sorgfältig vorgebohrte Löcher einzutreiben, missrieth gänzlich und ich wählte daher das in derselben Figur dargestellte Verfahren. Die eichene Walze, die 1 Fuss stark und eben so breit war und welche schon vorher starke eiserne Ringe auf beiden Seiten erhalten hatte, wurde in ihrer Mitte in drei Richtungen durchbohrt, und diese Bohrlöcher viereckig 1½ Zoll breit und 2 Zoll lang sehr genau ausgearbeitet, wie Fig. 255 *a* zeigt. Jede Gabel hatte unten ein Auge, in welches die eiserne Axe passte, die Enden der Gabeln, worin sich diese Augen befanden, waren aber angemessen gekröpft,

wie Fig. 255 *c* zeigt, wodurch es möglich wurde, die Mittellinien der sämmtlichen Gabeln wieder in dieselbe Ebene zu bringen. Das Einsetzen der Gabeln erfolgte in der Art, dass sie der Reihe nach in die Walze gestellt, und demnächst die Axe durch die Augen von allen Gabeln hindurchgesteckt wurde. Die Axe war an einer Seite vierkantig ausgeschmiedet, und sobald sie recht fest in die Walze eingetrieben wurde, so steckten die sämmtlichen Gabeln zwar noch ganz lose darauf und man konnte sie nach vorn und nach der Seite bewegen, aber ihre Entfernung von der Axe war bereits vollständig gesichert. Hierauf liess ich die Axe auf Pfannenlager legen, so dass sie gedreht werden konnte, und unter fortwährendem Nachmessen der Entfernungen zwischen den einzelnen Gabeln und unter beständiger Prüfung, ob die Einschnitte in allen Gabeln auch genau in dieselbe Ebene fielen, wurden Keile von Buchenholz recht scharf in die Oeffnungen der Walze eingetrieben, worauf endlich noch starke Bleche darüber genagelt wurden. Auf solche Art gelang es, die Gabeln genau einzustellen. Sie sind in der Mitte 1 Zoll breit und ebenso stark. Die Kettenglieder sind von Mitte zu Mitte des Bolzenloches 1 Fuss lang; sie wurden in dieser Beziehung besonders sorgfältig geprüft und zwar mittelst eines eisernen Lineales, worin zwei Bolzen fest eingeniethet waren. Diejenigen Glieder, welche keine Scheiben tragen, sind in der Mitte $\frac{1}{2}$ Zoll breit und stark, sie haben an einem Ende einen und am andern zwei kreisförmige Lappen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, der einzelne Lappen ist $\frac{3}{8}$ Zoll stark, jeder von den doppelten $\frac{5}{16}$ Zoll. Die Bolzen halten aber $\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser. An jedes vierte Glied ist eine Scheibe angebracht. Ein solches Glied ist breiter und mit einem Ansatze versehn, an letzteren lehnt sich zunächst eine eiserne Scheibe, auf diese folgt eine mit eisernen Ringen beschlagene hölzerne Scheibe und dann das $\frac{1}{4}$zöllige Leder, worüber wieder eine hölzerne und eine eiserne Scheibe angebracht sind. Ein durch die Axe hindurchgetriebenes Splint verbindet Alles fest mit einander. Am untern Ende der Pumpe läuft die Kette über keine zweite Walze, daselbst ist nur ein starker, gehörig abgerundeter Klotz angebracht, um sie ganz sicher und ohne dass sie gegen die Ecken stösst, in die Röhre zu leiten.

Die Lederscheiben hatten Anfangs denselben Duchmesser, wie die Röhre, doch zeigte es sich, dass die Reibung alsdann so stark wurde, dass die Maschine kaum bewegt werden konnte und deshalb nur einen sehr geringen Effect gab. Ich liess daher die Scheibe ringsum einen halben Zoll abschneiden, so dass sie nunmehr einen Spielraum von einem vollen Zolle hatte. Der Erfolg entsprach ganz der bereits erwähnten Erscheinung, dass sich nämlich kein Wasserverlust zeigte, sobald die Geschwindigkeit nur hinreichend gross war. Ein mehrmals wiederholter Versuch zeigte, dass bei einer Geschwindigkeit der Kette von 4½ Fuss in der Secunde die geförderte Wassermenge sehr genau einem Wassercylinder entsprach, der 4½ Fuss hoch war und die Weite des Bohrloches zum Durchmesser hatte, diese Weite war bei der einen Pumpe 8 und bei der andern 9 Zoll. Das Wasser ergoss sich dabei so stark, dass es über die 1 Fuss hohe Wand der aufgesetzten Rinne herüberfloss. Die Bewegung erhielt die Maschine durch zwei Kurbeln, woran 4 Mann arbeiteten, ausserdem waren an jede Kurbel 2 Zugstangen angebracht, woran 16 Mann zogen. Alle 10 Minuten musste die Ablösung erfolgen und man brauchte, um die Maschine einige Stunden hindurch im Gange zu erhalten, 60 Mann: in der Secunde wurden nahe 2 Cubikfuss 10 Fuss hoch gehoben. Bei Anwendung dieser Pumpe zum Heben eines mit Ballast beladenen Schiffes wurde eine Menge Sand und sogar feiner Kies mit herausgeworfen, ohne dass der Gang der Maschine dadurch beeinträchtigt wäre.*)

Zuweilen hat man sich auch bemüht, der Kettenpumpe einen recht dichten Schluss zu geben, indem man die Röhre aus Eisen darstellte und sie ausbohrte, was bei grosser Geschwindigkeit nach den erwähnten Erfahrungen überflüssig ist. Wenn man aber einer solchen ausgebohrten Röhre nur eine geringe Länge giebt, so dass nur eine oder zwei Scheiben sich darin befinden und der übrige Theil der Steigröhre eine grössere Weite hat, so muss das Wasser in diesen beiden Theilen auch verschiedene Geschwindigkeiten annehmen, wodurch bei grosser Geschwindigkeit wahrscheinlich ein namhafter Widerstand entsteht. Eine

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. 1829.

andere Abänderung bezieht sich noch darauf, dass man zuweilen auch die herabgehende Kette in eine zweite Röhre oder Rinne einschliesst, was gewiss vortheilhaft ist, um ein Gegenstossen von fremden Körpern sicher zu vermeiden.

Bei dieser Maschine kann man die Förderungshöhe nicht willkührlich verändern, denn wenn es für mässige Geschwindigkeiten auch zulässig wäre, in beliebiger Höhe eine Ausgussöffnung einzuschneiden, so ist doch kaum zu erwarten, dass bei einer grossen Geschwindigkeit der Kette noch ein vollständiger Abfluss durch eine Seitenöffnung erfolgen möchte.

Endlich sind noch diejenigen Schöpfmaschinen zu erwähnen, wobei der Kolben in einer Röhre abwechselnd sich auf- und abbewegt; dieses sind die Pumpen. Ich übergehe ihre Beschreibung, da sie genugsam bekannt sind, und bemerke nur, dass sie sich für die Trockenlegung einer Baugrube wegen ihrer mässigen Anschaffungskosten, sowie wegen des geringen Raumes, dessen sie zur Aufstellung bedürfen, ganz besonders eignen. Auch erlauben sie, die Ausgussöffnung beliebig hoch anzubringen, und man kann sie, wenn es nöthig sein sollte, in jeder beliebigen Neigung aufstellen. Dagegen ist die Abwechselung der Bewegung, die bei jedem Zuge erfolgt, mit einigem Kraftverluste verbunden und veranlasst gemeinhin einen starken Wasserverlust, besonders wenn der Kolben und die Ventile nicht recht dicht sind. Endlich aber werden die Pumpen bei unreinem Wasser, und besonders wenn dasselbe Sand enthält, bald undicht, bedürfen daher häufiger Reparaturen. Will man hölzernen Pumpen grosse Dimensionen geben, was jedoch gegenwärtig meist vermieden wird, indem man dafür lieber gusseiserne Cylinder benutzt; so setzt man sie aus Bohlen zusammen. Sie erhalten alsdann gewöhnlich einen quadratischen Querschnitt, doch kommen auch achteckige Pumpen dieser Art vor. *)

Gewöhnlich werden die Pumpen, so wie auch die andern Schöpfmaschinen so eingerichtet, dass sie das Wasser bis über die Fangedämme, also viel höher heben, als der äussere Wasserstand eigentlich fordert. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, ohne den Fangedamm zu durchbrechen, oder die §. 45 erwähnten

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. I. p.* 149.

wunden werden darf. Man kann dieses am ein
erreichen, dass man die gewöhnliche Saugep
Stopfbüchse versieht, welche den Stiefel ob
schliesst: die Ausgussröhre muss aber bis u
Wasser herabgeführt werden. Es ergiebt sich,
von sonstigen Widerständen, der nöthige Zug
Kolbens in diesem Falle, und zwar nachdem
ständig mit Wasser gefüllt sind, nur der Ni
sprechen wird, aber es müssen dabei noch b
rungen getroffen werden, um die Luft, welche A
füllt, herauszuschaffen, und ausserdem müsse
gen dicht schliessen, damit während des Bet
von Neuem eindringt. Wenn man eiserne Röhr
der letzten Bedingung zu genügen, so dürft
leicht dadurch zu erfüllen sein, dass eine kle
Hahn zu verschliessende, Pumpe auf den Sch
gestellt, und dadurch sowohl Anfangs die ga
zugehörigen Röhren mit Wasser gefüllt, als au
ter wieder eindringende Luft entfernt werden.
derselben darf man nicht besorgen, das äusse
Baugrube zu treiben, weil das Ventil am Fuss
schon das Zurückfliessen verhindert.

Es ist nicht bekannt geworden, dass man
bisher angewendet hat; dagegen ist beim Bau
Schleuse bei Oranienburg zu gleichem Zwecke
getroffen, wobei zwei Pumpen in Wirksamke

dabei augenscheinlich nicht in den Röhren einer einzelnen Pumpe, wohl aber durch den erwähnten Hebel. Während die Wassersäule in einer Steigeröhre gehoben wird, so hebt die Säule im andern Ausgussrohre einen Theil des Druckes auf. In der Beschreibung dieser Pumpe *) wird gesagt, dass die Anfangs in den Röhren befindliche Luft nach und nach durch das Wasser herausgeführt wird, doch ist nicht abzusehn, dass dieses von selbst geschehn kann, wenigstens möchte es nicht in solchem Maasse erfolgen, dass der in Rede stehende Zweck auch nur annähernd erreicht würde. Die Luftpumpe, die hier nicht angewendet ist, liesse sich indessen bei passender Stellung der Ventile und bei gehöriger Mitwirkung der Druckpumpe auch zur vollständigen Beseitigung der Luft anwenden.

Eine andere Einrichtung, welche dasselbe bezweckt, ist von dem Venetianischen Baumeister Japelli angegeben. **) Die damit im Arsenale zu Venedig angestellten Versuche gaben sehr günstige Resultate, auch sprach sich die Academie der Wissenschaften in Paris, deren Urtheil gewünscht wurde, vortheilhaft darüber aus. Da jedoch die Maschine zu complicirt ist, als dass man zum Auspumpen von Baugruben sie benutzen möchte, so wird ihre nähere Beschreibung hier umgangen, die ohne Zeichnungen auch nicht verständlich wäre.

In vorstehender Beschreibung der verschiedenen Schöpfmaschinen, die zur Trockenlegung der Baugruben benutzt werden, habe ich die damit erreichten Effecte nur kurz berührt, und alle specielle Berechnungen, die man in vielen Lehrbüchern findet, vermieden. Solche Untersuchungen sind für die Anwendung auch von keinem besondern Nutzen, da sie grossentheils auf unsichern Hypothesen beruhen. Im Allgemeinen kann man aber die Wirkung einer Maschine ungefähr beurtheilen, wenn man das Moment der Betriebskräfte berücksichtigt. Bei einer vollkommenen Maschine wird dieses dem Nutzeffecte gleich sein; jemehr Reibung und andere Hindernisse jedoch vorkommen, oder je grösser die Höhe ist, von der das Wasser unbenutzt wieder

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. 1836. S. 84.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1836. *II. p.* 112.

abfliesst, um so kleiner bleibt der Effect. Der letzte Umstand lässt sich für jede Maschine ziemlich genau bezeichnen, für die ersten muss man dagegen nach der jedesmaligen Einrichtung der Maschine den Werth ungefähr zu schätzen suchen, alsdann wird man vor groben Missgriffen ziemlich sicher sein. Um indessen einen ungefähren Anhalt hierbei zu geben, will ich die von Gauthey zusammengestellten Erfahrungen, auf Rheinländisches Maass reducirt, hier folgen lassen. Die Zahlen bezeichnen die Effecte, oder die Producte aus den Förderungshöhen in die Anzahl von Cubikfuss Wasser, die ein Mann an einem Tage durchschnittlich hebt:

beim Schöpfen mit Eimern	4800
beim Drehn der Kurbel am geneigten Schaufelwerk	7070
beim Pumpen	8740
beim Drehn der Kurbel an der archimedischen Schnecke	9360
desgleichen an der Kettenpumpe	12168
beim Gehn in dem Laufrade, das mit dem Schneckenrade verbunden ist	18720

§. 47.

Fundirung auf Béton.

In vielen Fällen ist der Zudrang des Wassers so stark, dass man die Baugrube gar nicht trocken legen kann und sonach die Fundirung nach den gewöhnlichen Methoden nicht auszuführen ist; zuweilen darf man aber, wenn die Beseitigung des Wassers auch möglich wäre, die Schöpfmaschinen doch nicht mit voller Kraft wirken lassen, weil die aufsteigenden Quellen dem Boden seine natürliche Festigkeit und Tragfähigkeit nehmen könnten. Man muss alsdann eine Fundirungsart wählen, wobei das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Einige hierher gehörige Methoden, die jedoch nur selten Anwendung gefunden haben und in mancher Beziehung auch bedenklich sind, wurden bereits beschrieben. Für die erwähnten Fälle eignet sich aber besonders die Fundirung auf Béton. Auf der Sohle der mit Wasser angefüllten Baugrube, und oft in bedeutender Tiefe wird ein festes und wasserdichtes Mauerwerk ausgeführt, welches das

Fundament des ganzen Baues bildet. Die gewöhnliche Art des Mauerns, wobei nämlich lagerhafte Steine schichtenweise in gehörigem Verbande versetzt und die Lagerfugen und Stossfugen sorgfältig mit Mörtel gefüllt werden, lässt sich unter solchen Verhältnissen nicht füglich anwenden; man muss vielmehr ein Verfahren wählen, wobei die vollständige Ausfüllung aller Fugen mit Mörtel und zugleich einiger Verband zwischen den Steinen sich von selbst darstellt. Die letzte Bedingung wird indessen nur sehr unvollständig erreicht, und daher hat dieses Mauerwerk bei gleicher Güte des Materials und bei gleichen Dimensionen nicht die Festigkeit des gewöhnlichen, man muss also, um eine gleiche Festigkeit zu erreichen, eine grössere Stärke wählen. Das Verfahren ist aber dieses, dass man den Steinen schon vorher die angemessene Quantität Mörtel zusetzt und sie alsdann möglichst regelmässig versenkt. Ein solches Gemenge aus Steinen und Mörtel nennt man in Frankreich, wo diese Fundirungsart schon seit langer Zeit im Gebrauche ist, Béton *), und dieselbe Benennung ist auch in Deutschland eingeführt.

Was die Zusammensetzung des Bétons betrifft, so sind dabei manche Bedingungen zu berücksichtigen. Der Mörtel muss die Eigenschaft haben, dass er unter Wasser erhärtet; die Steine müssen von der Grösse und Form sein, dass sie bei jeder zufälligen Schüttung eine möglichst geschlossene Lage annehmen und gewissermaassen auch immer einigen Verband bilden, und endlich muss zwischen dem Mörtel und den Steinen das passende Verhältniss gewählt sein, damit alle Fugen wirklich mit Mörtel gefüllt und dennoch die Steine nicht in zu weiter Entfernung von einander gehalten werden.

Die Festigkeit des Mörtels hängt zum Theil davon ab, dass der Kalkbrei in recht vielfache Berührung mit dem zugesetzten Sande kommt. Der reine Kalk bildet, wenn er gebrannt und gelöscht ist, an sich keine feste Masse, denn wie er nach und nach das Wasser an die Luft absetzt, so zerbröckelt er, indem sich Risse und Spalten darin bilden, und selbst die klei-

*) Bélidor erzählt in der *Architecture hydraulique Tome IV. p.* 187, dass der eine Hafendamm in Toulon schon im Jahre 1748 auf Béton fundirt wurde.

nen ausgetrockneten Stückchen, in welche der Kalkbrei sich endlich verwandelt, haben keine grosse Härte und lassen sich leicht zwischen den Fingern zerreiben. Auf Steinen mit recht glatter Oberfläche, wo also die Berührung auch geringe bleibt, haftet der Kalk und der Kalkmörtel nur wenig; deshalb geben polirte Steine und solche, welche einen muscheligen Bruch und eine glänzende Oberfläche zeigen, kein festes Mauerwerk, wohl aber lässt sich ein solches durch rauhe und vorzugsweise durch recht poröse Steine darstellen, bei denen sonach die Berührungsfläche eine viel grössere Ausdehnung gewinnt. So fand Rondelet, dass derselbe Mörtel mit einer doppelt so grossen Kraft auf dem porösen Mühlsteine, der an der Marne bricht, haftete, als an einem glatt geschliffenen Kalksteine.

In derselben Art, wie der Mörtel an den Mauersteinen haftet, so haftet auch wieder in dem Mörtel der Kalk an den einzelnen Sandkörnchen. Auch hier ist die Verbindung in dem Falle am innigsten, wenn die Kalkmasse möglichst dünne Lagen bildet und die Sandkörnchen recht vielfach berührt. Hierdurch erklärt es sich, dass der scharfe Sand einen viel bessern Mörtel giebt, als der matte, bei dem die Ecken abgeschliffen sind, und wenn man den Sand aus einem Material darstellt, das auch bei einer feinen Zertheilung noch die scharfen Kanten und die rauhe Oberfläche beibehält, so erhärtet der Mörtel um so schneller und bindet um so fester, je weiter die Zerkleinerung getrieben war. Weiche Steine, wie etwa Thonschiefer, geben dagegen, wenn sie zerschlagen werden, keinen scharfen Sand, und sind daher zur Mörtelbereitung nicht geeignet.

Auf dieser Berührung in möglichst ausgedehnten Oberflächen beruht vorzugsweise die Festigkeit des gewöhnlichen, aus fettem Kalke und reinem Quarzsande bereiteten Mörtels. Der Kalkbrei erhärtet, indem er Kohlensäure aus der Luft anzieht, und sich wieder in kohlensauren Kalk verwandelt, während er fein zertheilt zwischen allen Sandkörnchen eine genau schliessende, feste Zwischenlage bildet. Dieser Mörtel verwandelt sich auf diese Art in eine zusammenhängende und feste Masse, ohne dass eine chemische Verbindung zwischen dem Kalke und dem Sande eintritt. Der Zusammenhang zwischen beiden ist vielmehr nur mechanisch, und rührt allein von der scharfen Um-

schliessung der Sandkörnchen her. Die Bildung des kohlensauren Kalkes erfolgt indessen sehr langsam und nur wenn die Luft Zutritt hat. Ein hydraulischer Mörtel, der schnell und selbst unter Wasser erhärtet, kann daher auf diesem Wege nicht dargestellt werden.

Das Erhärten des hydraulischen Mörtels wird dagegen durch eine chemische Verbindung veranlasst, die nach dem quantitativen Verhältnisse der betreffenden Bestandtheile schneller oder langsamer erfolgt. Ein Ziegel, der mit dünnflüssigem Kalkbrei begossen wird, färbt sich nicht nur weiss, sondern diese Färbung lässt sich auch durch blosses Waschen mit Wasser nicht beseitigen. Anders verhält es sich mit andern Bausteinen, z. B. mit einem Stücke Granit, das in gleicher Weise mit Kalk bedeckt, sehr leicht vollständig gereinigt werden kann. Hiermit hängt eine andre Erscheinung zusammen, die erst in neuerer Zeit beobachtet ist und wesentlich zur Aufklärung dieser Verhältnisse beigetragen hat. Wenn man nämlich feinen Thon, der in der Hitze von 300 bis 400 Graden getrocknet war, mit Kalkmilch übergiesst, so zieht derselbe aus letzterer den Kalk so rein aus, dass die zurückbleibende Flüssigkeit selbst auf geröthetes Lackmus-Papier keine Wirkung äussert. Hieraus giebt sich augenscheinlich die chemische Verwandschaft des Thones und Kalkes zu erkennen, wie solche zwischen reinem Quarzsande und Kalk nicht besteht. Indem die kieselsaure Thonerde sich aber mit der Kalkerde verbindet, so bildet sich ein fester Körper, der im Wasser unauflöslich ist. *) Hierauf beruht das Erhärten des hydraulischen Mörtels, das eben sowohl an der Luft, wie im Wasser erfolgt, und das nicht aufgehoben wird, wenn die Berührung mit dem Wasser dauernd besteht.

Man findet in der Natur verschiedene Gemenge von kohlensaurem Kalke und Thon, die sehr brauchbare hydraulische Mörtel geben. Schon der gewöhnliche Mergelkalk gehört hierher, doch tritt bei ihm, wenn sein Thongehalt nur 10 bis 12 Procent beträgt, erst nach mehreren Wochen die Erhärtung ein. In den

*) Regnault's Chemie, übersetzt von Bödicker. I. Band. Berlin 1849. — Knapp, Lehrbuch der chemischen Technologie. I. Band. Braunschweig 1847.

Juraformationen kommen dagegen vielfach Ablagerungen vor, worin der Thongehalt 25 bis 30 Procent beträgt. Diese geben einen sehr brauchbaren Mörtel, der schon in wenig Stunden erhärtet. Man nennt sie Cemente.

Die erwähnte chemische Verbindung kann man noch auf andre Art im Mörtel eintreten lassen. Bisher war nämlich nur davon die Rede, das Bindemittel, also den gelöschten Kalk so zusammen zu setzen, dass er in sich die im Wasser unauflösliche Verbindung darstellt, derselbe Erfolg ist aber auch zu erreichen, wenn die kieselsaure Thonerde, oder andre Körper von gleicher chemischer Wirkung fein zertheilt, also in der Form von Sand bei der Zubereitung des Mörtels zugesetzt werden. In dieser Art zeigt ein Mörtel, der aus gewöhnlichem fetten Kalke und Ziegelmehl dargestellt wird, schon unverkennbar hydraulische Eigenschaften, und dieselben erklären sich dadurch, dass die Kalkerde sich mit dem Thone verbindet. In weit höherem Grade erfolgt dieses, und man erhält einen vorzüglichen hydraulischen Mörtel, wenn man statt des Ziegelmehls gewisse vulkanische Producte wählt. Von der Puzzolane, die an den Ufern der Tiber bricht, war diese Eigenschaft schon im Alterthume bekannt. Die Santorin-Erde, die freilich nach den hierher gekommenen Sendungen sehr unrein und von sehr zweifelhafter Wirksamkeit ist, gehört auch hieher. Vorzugsweise ist aber der Trass zu erwähnen, der in einem grossen Theile von Deutschland und in Holland bei den Wasserbauten vorzugsweise benutzt wird. Da seine Anwendung grosse Vorsicht erfordert, wenn man eines günstigen Erfolges gewiss sein will; so erscheint es nöthig, über sein Vorkommen und seine Bearbeitung nähere Mittheilungen zu machen, die grossentheils auch auf die andern ähnlichen Stoffe Anwendung finden werden.

Der Trass kommt vielfach auf dem östlichen Abhange der Eifel und namentlich im Thale des Brohlbaches in der Nähe von Andernach vor. Dieses Thal ist im Thonschiefergebirge eingeschnitten und grossentheils mit Trass gefüllt, so dass derselbe bis unter die Sohle des jetzigen Bachbettes herabreicht. Interessant ist es, dass man die Trassablagerungen vorzugsweise in den zurückspringenden Erweiterungen des Thales, also gerade da vorfindet, wo ein starker Strom, der das Thal verfolgt, zu Versandungen am meisten geneigt sein würde. Hienach ist es nicht

unwahrscheinlich, dass der Trass durch das Wasser als Schlamm herbeigeführt und abgesetzt wurde; dass er demnächst aber erhärtete. Der Grad seiner Festigkeit und Härte ist sehr verschieden: die untern Lagen, die man in früherer Zeit häufig als Bausteine verwendete, haben die Härte des weichen Sandsteines. Sie werden mit Pulver gesprengt, und wenn sie lange der Luft ausgesetzt gewesen sind und die Bergfeuchtigkeit vollständig verloren haben, so lassen sie sich zwar immer noch leicht bearbeiten, zeigen aber schon eine grosse Festigkeit und Tragfähigkeit. Viel weicher sind die obern Lagen, die man auch gegenwärtig noch als Bausteine zum Ausmauern von Fachwänden benutzt. Endlich kommt der Trass noch in ganz losen Massen in der Form von grobem Sande vor. Zur Darstellung des Mörtels ist der untere feste Stein im Allgemeinen am meisten geeignet, den man daher ächten Trass nennt. Er wird gegenwärtig nur zur Mörtelbereitung benutzt, denn sein Werth hat sich in der letzten Zeit so hoch gestellt, dass er als Baustein viel zu theuer sein würde: es geschieht sogar, dass man alte Gebäude, die aus Trassteinen erbaut sind, nur in der Absicht abbricht, um die Steine zur Mörtelfabrikation zu benutzen. Die weicheren Sorten und selbst den darauf liegenden Sand nennt man wilden Trass, und benutzt diesen gleichfalls zur Mörtelbereitung, doch besitzt er nur geringe Bindekraft und hat theilweise vor einem guten Quarzsande keinen Vorzug.

Der Trass enthält sehr viele fremdartige Körper und vorzugsweise findet man Thonschieferstücke und Bimsstein darin eingesprengt, auch vegetabilische Stoffe und namentlich Holzkohlen kommen vielfach in ihm vor. Die Farbe des Trasses variirt vom Grauen ins Braune und geht oft in ein helles Blau über. Letzteres jedoch nur, wenn die Stücke ganz ausgetrocknet sind.

Will man die Güte des Trasses nach seinen äussern Kennzeichen beurtheilen, so kann dieses mit einiger Sicherheit nur geschehn, wenn er noch nicht pulverisirt ist. Er muss möglichst fest und hart sein, so dass die scharfen Ecken sich nicht leicht abbrechen und noch weniger kleine Stücke sich zwischen den Fingern zerreiben lassen. Besonders muss der Trass sich scharf anfühlen, und indem die Beimengungen von Thonschiefer und Bimsstein dem Mörtel keine Bindekraft ertheilen, sondern ihn

zur verunreinigen, so ist auch derjenige Trass immer vorzuziehn, der am reinsten ist. Gewöhnlich schätzt man den grauen Trass höher als den braunen und giebt dem lichtblauen vor allen andern den Vorzug, doch ist dieses Kennzeichen allein nicht entscheidend. Wenn der Trass pulverisirt ist, so pflegt man seine Güte nach dem Niederschlage zu beurtheilen, der sich bildet, sobald man ihn in Wasser geschüttet und dieses umgerührt hat. Am besten ist der Trass, wenn der Niederschlag bald und zwar vollständig erfolgt, und keine verschiedene Schichten sich darin zu erkennen geben. Die lange anhaltende Trübung des Wassers zeigt gewöhnlich einen starken Thongehalt an, der oft von dem Thonschiefer herrührt. Doch ist diese Probe wenig sicher, indem der wilde Trass, wenn er sonst rein ist, sich hierdurch von dem ächten kaum unterscheiden lässt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses besteht darin, dass man durch directe Versuche sich von seiner Bindekraft überzeugt. In Holland ist es üblich, dass man Kasten von etwa 1 Fuss Weite und Höhe aus guten Ziegelsteinen mit Trassmörtel aufmauert; die Stärke der Wände und des Bodens ist nur der Dicke der Steine gleich. Nach vier und zwanzig Stunden füllt man den Kasten mit Wasser, und der Trass wird nur in dem Falle für gut erkannt, wenn kein Durchsickern des Wassers erfolgt. Weniger umständlich und zum Theil noch sicherer ist es, Klumpen von Mörtel zu bilden, die man in Wasser legt, und deren Festigkeit man nach einem oder mehreren Tagen untersucht. Der Grad der Festigkeit giebt sich am leichtesten durch den Widerstand zu erkennen, den der Mörtel dem Eindringen einer zugeschärften Stahlspitze entgegensetzt. In Frankreich wird dieses Verfahren zur Prüfung der Cemente ganz gewöhnlich angewendet. Schon vor längerer Zeit empfahl Vicat die folgende Probe zur Beurtheilung der hydraulischen Eigenschaft des Mörtels. Man bereitet aus dem frisch gebrannten Kalke den Mörtel und füllt damit ein gewöhnliches Trinkglas zum dritten Theile oder zur Hälfte an; darüber giesst man das Wasser und versucht nach zwei oder drei Tagen, ob man mit dem Finger noch einen Eindruck leicht machen kann. Ist dieses nicht möglich, so hat man stark hydraulischen Mörtel, wenn dagegen ein solcher Grad von Härte sich erst nach einem Monate einstellt, so ist der Mörtel

wenig hydraulisch, und wenn er in dieser Zeit unter Wasser weich bleibt, so fehlt ihm die hydraulische Eigenschaft ganz. Gegenwärtig hat man bei den Versuchen dieser Art in Frankreich bestimmtere Maasse und Gewichte eingeführt: man nimmt nämlich aus jeder Lieferung des Kalkes oder Cementes eine oder mehrere Proben und bildet daraus in den passenden Mischungsverhältnissen den Mörtel, der auf die beschriebene Art in Gläsern unter Wasser aufbewahrt wird. Ein von aussen auf das Glas geklebter Zettel bezeichnet die Lieferung, woraus die Probe entnommen ist, sowie auch den Tag und die Stunde der Mörtelbereitung, und enthält ausserdem die laufende Nummer, damit man die Resultate der spätern Versuche leicht zusammenstellen kann. Zu den Versuchen dient ein kleines dreibeiniges Gestell, unter welchem jedes der Probegläser Raum findet. Es trägt im Abstande von etwa 6 Zoll zwei durchbohrte Blechscheiben, welche einen Stahlstift in senkrechter Richtung halten, ohne sein Herabsinken zu verhindern. Dieser Stift ist etwa eine Linie stark, unten zugeschärft und oben mit einem Gewichte von einem halben Kilogramme (34 Loth) beschwert. Man lässt bei der Probe die Stahlspitze sanft auf den Mörtel herabsinken und beobachtet, ob sie sich noch merklich eindrückt und mit welcher Geschwindigkeit dieses geschieht. Bei einem guten Cementmörtel darf nach 48 Stunden die Spitze nicht mehr eindringen, sondern eben nur die Oberfläche durchbrechen. Dieses Verfahren dient nicht nur dazu, um verschiedene Cement- und Mörtelarten mit einander zu vergleichen, sondern es begründet auch ein sehr sicheres Urtheil über das vortheilhafteste Mischungsverhältniss des Mörtels. Der Baumeister, der den Bau leidet, wird durch solche Proben auch in den Stand gesetzt, nicht nur die Güte des Trasses oder Cementes zu prüfen, sondern er kann auch später sich über jede einzelne Lieferung, die er annahm oder verwarf, mit voller Bestimmtheit ausweisen.

Der ächte Trass wird in grösseren Stücken von etwa einem halben Cubikfuss Inhalt gebrochen, und nachdem er etwas getrocknet ist, pulverisirt. Zu diesem Zwecke zerschlägt man ihn zunächst in kleinere Stücke von 2 bis 3 Zoll Durchmesser, und es ist vortheilhaft, hierbei schon die grösseren Thonschieferstücke, die sich ziemlich leicht trennen lassen, ganz zu beseitigen. Zum Pulverisiren dienen im Brohlthale am häufigsten Stampf-

werke. Die Stampfen sind etwa 2 Centner schwer und unten mit gusseisernen Schuhen versehn, welche die Gestalt einer Halbkugel haben; sie werden gewöhnlich durch Daumen gehoben und ihre Hubhöhe beträgt etwa 18 Zoll. Unter ihnen befinden sich gusseiserne Tröge, die in starke Balken eingelassen, und an der vordern Seite, einige Zolle über dem Boden mit einer schmalen Oeffnung versehn sind. Durch diese Oeffnungen treten während der Bewegung der Stampfen kleine Trassstücke und feiner Trass heraus und Beides fällt auf geneigte Drahtsiebe, die durch das Mühlwerk geschwungen werden. Der feine Trass geht durch die Siebe in die darunter gestellten Kasten, während die gröbern Körner und grössern Stücke in einem andern Kasten vor den Siebe sich ansammeln, und von hier in die Tröge zurückgeworfen werden, wobei man jedoch die gröbern Thonschieferstücke wieder beseitigt.

Das Mahlen des Trasses ist in dem Brohlthale erst in neuerer Zeit eingeführt worden. Das Fabrikat ist in diesem Falle besser, weil die Zerkleinerung weiter getrieben wird und daher bei gleicher Trassmenge die berührende Oberfläche grösser ist, das Verfahren ist aber schwieriger, woher es nur selten angewendet wird. Die Mühlen sind im Allgemeinen den Mahlmühlen gleich: mit dem Mühleisen dreht sich der Läufer über dem festliegenden Bodensteine. Beide Steine müssen aber sehr hart sein, weil sie sonst durch den scharfen Trass in kurzer Zeit abgenutzt werden. Man wendet allein die Mühlsteine von Niedermendig zu diesem Zwecke an, und es ist nöthig, selbst unter diesen die härtesten auszusuchen. Der Läufer wird in seiner untern Fläche concav bearbeitet, so dass er in der Nähe des Auges etwa 2 Zoll vom Bodensteine absteht. Diese Anordnung ist nothwendig, weil sonst die Trassstücke nicht zwischen die Steine treten können. Auf die Form der Hauschläge scheint es wenig anzukommen, dagegen darf kein festes Gestein von einiger Grösse mit hereingeführt werden, denn sobald dieses sich von dem Auge entfernt und dem Rande der Mühlsteine sich nähert, woselbst diese sich berühren, so drängt es sie mit Heftigkeit auseinander und wirft sogar zuweilen den Läufer herab. Sonach ist es bei diesem Verfahren besonders nöthig, den Trass, während man ihn in kleinere Stücke von höchstens 2 Zoll Durchmesser zerschlägt,

zugleich von allen grössern fremdartigen Steinbrocken, die darin eingesprengt waren, sorgfältig zu reinigen.

Die Pulverisirung des Trasses wird zuweilen auf den Baustellen selbst vorgenommen, und im Allgemeinen möchte es vortheilhaft sein, diese Operation wenigstens unter zuverlässiger Aufsicht ausführen zu lassen, damit die Güte des verwendeten Materiales ausser Zweifel ist. In Holland, wo sehr viel Trass benutzt wird, darf derselbe nur in Stücken eingeführt werden.

Zum reinen Trassmörtel, der keinen Zusatz an Sand erhält, nimmt man auf 1 Cubikfuss Kalkbrei gewöhnlich 2 Cubikfuss pulverisirten Trass; doch hängt dieses von der Güte des Kalkes ab und man thut wohl, das Verhältniss jedesmal nach directen Versuchen zu ermitteln. Die Versuche ergeben indessen, dass ein geringer Zusatz von Sand durchaus unschädlich ist, und wenn das Mauerwerk nicht immer vom Wasser bedeckt bleibt, so versetzt man den Trass zur Hälfte mit Sand, und dieser Mörtel, den man verlängerten Trassmörtel nennt, ist dem reinen sogar vorzuziehn, weil er über Wasser eine grössere Festigkeit erhält.

Die Zubereitung des Trassmörtels geschieht gewöhnlich in der Art, dass man den Kalk und Trass abmisst, und alsdann auf einem dichten Dielenboden den gelöschten Kalk ausgebreitet und unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkhacke den Trass nach und nach zusetzt. Am vortheilhaftesten ist es, wenn man hierbei gar kein Wasser zugiesst, doch ist die Arbeit in diesem Falle sehr schwierig. Zuweilen wird der Trassmörtel durch Treten zubereitet, wobei jedoch die Arbeiter mit Holzschuhen versehn sein müssen. Wenn aber sehr grosse Massen Mörtel dargestellt werden sollen, wie namentlich bei der Bétonbereitung, so wendet man besondere Mörtelmaschinen an. Dieselben haben im Allgemeinen den Nachtheil, dass man mehr Wasser zusetzen muss, wodurch der Mörtel an Güte verliert und langsamer erhärtet. Sie bestehn oft in hohlen Cylindern aus Holz oder aus Eisenblech, die in horizontaler Lage aufgestellt und an der obern Seite offen sind. An der eisernen Axe, welche durch eine Dampfmaschine oder auf andere Art in Bewegung gesetzt wird, befinden sich die Messer, die theils senkrecht gegen die Axe stehn und theils parallel zu derselben liegen;

ausserdem sind noch besondere Blätter an andern Armen befestigt, womit der Mörtel von der Wand des Cylinders abgestrichen wird. Bei den Schleusenbauten an der Ruhr sind diese Cylinder 5 bis 6 Fuss lang und halten etwa 2½ Fuss im Durchmesser, die Messer, welche den Mörtel durchschneiden, stehn aber etwa 3 Zoll von einander. Es werden auf einmal 3 Cubikfuss Kalkteig eingeschüttet, und die zugehörigen 6 Cubikfuss Trass müssen nach und nach zugesetzt werden, weil die Masse sonst plötzlich so steif wird, dass sie nicht mehr durchschnitten werden kann. Die Axe macht in der Minute durchschnittlich 50 Umdrehungen und in 9 Minuten ist der Mörtel gehörig bearbeitet. Man öffnet alsdann eine Klappe am Boden und der cubische Inhalt des Mörtels beträgt wieder nur ungefähr 6 Fuss, woraus sich also ergiebt, dass der Kalkbrei nur eben die Zwischenräume zwischen dem Trass anfüllt.

Die in Frankreich üblichen Mörtelmaschinen haben dagegen die Einrichtung, dass der Cylinder senkrecht steht. Schon Perronet benutzte beim Bau der Brücke zu Neuilly eine ausgemauerte cylindrische Grube von 14 Fuss Durchmesser und 1¼ Fuss Tiefe, worin ein eiserner Rechen um eine verticale Axe durch ein Pferd gedreht wurde, und indem die Zinken oder Messer des Rechens etwa in 9 Zoll Abstand von einander bis nahe an den Boden der Grube herabreichten, so erfolgte auf diese Art die gehörige Mischung des Mörtels. Dieselbe Vorrichtung war auch beim Bau des Canales St. Martin gewählt, und man findet sie vielfach auf französischen Baustellen, so wie auch in Deutschland und England. Bevor die Vermengung der verschiedenen Bestandtheile erfolgt, pflegt man letztere schichtenweise und zwar in möglichst gleichmässiger Höhe über den Boden zu verbreiten. Beim Bau des Canales St. Martin wendete man daselbst gleichzeitig schon einen viel höheren gusseisernen Cylinder an, dessen verticale Axe mit mehreren Reihen horizontaler Arme versehn war, welche die abwärts gerichteten Messer trugen. Später hat man bei den Hafenbauten in Lorient und Toulon diese Maschine noch in der Art verändert, dass die horizontalen Arme theils an der Axe und theils an der Wand des Cylinders befestigt waren, und jedesmal gingen von diesen Armen sowohl nach oben, als auch nach unten Messer ab, so dass zwischen zwei feststehenden Messern immer ein drittes

sich hindurchbewegte und auf solche Art ein sehr vollständiges Durcharbeiten des Mörtels erfolgte. Bei der in Lorient benutzten Maschine bestand der Cylinder aus Gusseisen, er war nahe 4 Fuss hoch, doch wurde er nur bis zur Höhe von etwas über 3 Fuss (woselbst die obern Messer angebracht waren) gefüllt; sein mittlerer Durchmesser betrug im Lichten 2 Fuss 3 Zoll, er war aber oben etwas weiter als unten. An der beweglichen Axe befanden sich drei starke Kreuze, die beinahe den Rand des Cylinders berührten, sie bildeten die zwölf Arme und an jedem derselben waren zwei Messer nach oben und drei nach unten gekehrt; nur an den obern vier Armen fehlten die nach oben gekehrten Messer. Zwei ähnliche Kreuze waren zwischen den erwähnten am Mantel des Cylinders befestigt und an den acht Armen derselben waren wieder jedesmal drei Messer aufwärts und drei abwärts gekehrt, zwischen denen die beweglichen Messer hindurchgingen. Die Länge jedes Messers betrug 6 Zoll. Die Axe war unmittelbar mit zwei sich kreuzenden Zugbäumen verbunden, woran vier Pferde gespannt wurden; in 10 Stunden lieferte diese Maschine 30 Cubikmeter oder 970 Cubikfuss Mörtel. *)

Sobald der Trassmörtel zubereitet ist, so wird er gewöhnlich sogleich verarbeitet, und dieses ist auch nöthig, weil er nach wenig Stunden schon merklich erhärtet. In Holland hat man jedoch die Gewohnheit, ihn zuerst etwas erhärten zu lassen und alsdann, ohne dass Wasser hinzugesetzt wird, ihn aufs Neue durchzuarbeiten. Dieses geschieht mittelst schmaler eiserner Schlägel, womit der Mörtel sehr regelmässig geschlagen wird, so dass ein Schlag immer nahe an dieselbe Stelle geführt wird, wohin der vorhergehende Schlag traf. Dadurch wird der Mörtel wieder so weich, wie er früher war, und er soll, wenn er nunmehr erhärtet, noch besser binden. Es kommt auch wohl vor, dass er noch zum dritten Male, oder noch häufiger, vor dem Gebrauche durchgearbeitet wird. **)

---

*) Sganzin, *programme. 4. édition. I. p. 49.*

**) Schulz erzählt im „Versuche einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur," dass in Holland der Trassmörtel drei Tage hindurch alle 2 bis 4 Stunden durchgearbeitet würde; gegenwärtig ist dieses Verfahren wohl nicht mehr üblich.

Zur Darstellung des hydraulischen Mörtels hat man vielfach statt des Trasses gebrannte und pulverisirte Thonerde, also gewöhnliches Ziegelmehl benutzt. Zuweilen hat man auch eine besonders feine Thonerde allein zu diesem Zwecke zubereitet. Das letzte geschah vor etwa 30 Jahren in Holland, bei Gelegenheit der bedeutenden Schleusenbauten am nordholländischen Canale, wozu die damals eingerichteten grossen Fabriken von van Kasius den künstlichen Cement lieferten: derselbe bestand aus dem gebrannten und gemahlnen Baggerschlick aus dem Y. Der daraus bereitete Mörtel, wie er an den erwähnten Schleusenbauten verwendet wurde, nahm indessen keine besondere Härte an, und möglicher Weise war er Veranlassung, dass die Buickslooter Schleuse sogleich, nachdem sie fertig geworden war, durchbrach und die Docke in Nieuwendiep später so bedenkliche Beschädigungen erlitten hat und in den Mauern vielfach gebrochen ist.

Es ist bereits erwähnt worden, dass gewisse Arten Kalk in Verbindung mit dem gewöhnlichen reinen Quarzsande hydraulischen Mörtel bilden. Man nennt einen solchen Kalk, magern oder hydraulischen Kalk: er unterscheidet sich von dem gewöhnlichen fetten Kalke dadurch, dass er beim Einlöschen weniger gedeiht, oder eine geringere Quantität Kalkbrei liefert, auch ist die Farbe wegen der fremden Bestandtheile weniger rein und oft stark bräunlich. Wenn man diesen Kalk zu Mörtel bearbeitet, so muss der Zusatz an Sand geringer sein, als im fetten Kalke. Enthält er nur gegen 10 Procent Thonerde, so giebt er sich schon in geringem Grade als hydraulischer Kalk zu erkennen; beträgt die Thonerde dagegen 20 bis 25 Procent, so erhärtet der daraus gebildete Mörtel sehr fest unter Wasser, und man pflegt ihn alsdann vorzugsweise magern Kalk zu nennen. Nach dem Brennen lässt er sich einlöschen, ohne dass man ihn künstlich zu pulverisiren braucht, und er bedarf noch eines starken Zusatzes von Sand, wenn er zu Mörtel verarbeitet wird. Beide letzterwähnte Eigenschaften verschwinden, sobald der Kalkstein etwa 30 Procent Thonerde oder Bittererde enthält; man nennt ihn alsdann Cement. Er zerfällt nach dem Brennen weder an der Luft, noch im Wasser und muss daher gemahlen werden, dagegen lässt er sich ohne allen Zusatz von Sand schon in Mörtel verwandeln, der selbst unter Wasser erhärtet. Wenn endlich der Gehalt an kohlensaurem

Kalke nur etwa 20 Procent beträgt, so muss man nicht nur nach dem Brennen die Steine pulverisiren, sondern bei der Mörtel-Bereitung noch fetten Kalk hinzusetzen.

Von besonderer Wichtigkeit sind in der neueren Zeit die Cemente geworden und namentlich der Roman Cement, den man in der Nähe von London und an der englischen Küste des Canales aus Lesesteinen bereitet. Nachdem er gebrannt und gemahlen ist, muss man ihn vor dem Zutritt der Luft schützen, weil er dadurch sehr schnell an seiner Güte verliert. Er wird aus diesem Grunde in England sehr sorgfältig in Fässer verpackt, die mit Pech ausgegossen und oben mit vielfachen Lagen Löschpapier bedeckt sind; doch selbst in dieser Umschliessung muss er in recht trocknen und luftigen Räumen aufbewahrt werden. Man kann ihn ohne allen Zusatz an Sand verbrauchen, doch erhärtet der Mörtel alsdann weniger schnell und fest, als wenn man scharfen Sand beimengt; gewöhnlich werden gleiche Volumina Cement und Sand vermischt, und es scheint, dass selbst ein noch stärkerer Zusatz an Sand die Güte des Mörtels nicht beeinträchtigt. In neuester Zeit wird besonders der Portland-Cement sehr häufig benutzt. Durch die oben erwähnten Proben kann man für jeden Cement das passende Mischungsverhältniss leicht ermitteln. Der Mörtel muss unmittelbar vor dem Gebrauche zubereitet werden, wobei es wieder vortheilhaft ist, möglichst wenig Wasser zuzusetzen. Er erhärtet noch schneller als der Trassmörtel, und wenn das Material unversehrt war und mit Vorsicht angemacht und aufgetragen wurde, so ist dieser Mörtel nicht nur für das Wasser ganz undurchdringlich, sondern er verträgt auch ohne Nachtheil abwechselnd Nässe und Trockenheit, und Hitze und Kälte schaden ihm eben so wenig. Selbst Mauern, die in der Nähe der Meeresküste dem heftigsten Schlagregen ausgesetzt sind, lassen sich durch einen Ueberzug mit diesem Mörtel vollkommen sicher stellen, wie ich dieses in mehreren Fällen in Pillau gesehn habe. Die Cemente dieser Art werden gegenwärtig keineswegs ausschliesslich in England gewonnen und bereitet; auch in Deutschland und Frankreich hat man an vielen Orten Kalkarten entdeckt, welche dieselben Eigenschaften, wie der englische Roman Cement, zeigen, und sie haben bereits beinahe allgemeinen Eingang gefunden.

Endlich hat man auch die oben angegebenen Mischungsverhältnisse künstlich dargestellt, und auf solche Weise magere Kalke, Cemente und durch überwiegenden Thongehalt auch künstliche Puozzolane (wie man dieses Fabrikat in Frankreich nennt) bereitet. Der Grund, weshalb man aber zur Zusammensetzung dieser Kalkarten sich entschlossen hat, liegt nicht sowohl darin, dass sie in den Gebirgsformationen nicht in hinreichender Menge vorkommen, es ist vielmehr bei diesen stark versetzten natürlichen Kalkarten das Mischungsverhältniss gewöhnlich sehr veränderlich, und die Cementfabriken, die solches Gestein verarbeiten, liefern daher oft sehr verschiedenartige Waare, wenn nicht eine ganz besondere Sorgfalt auf die Auswahl des Materials verwandt wird. Bei der künstlichen Zusammensetzung treten solche Wechselfälle in weit geringerem Grade ein, und nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen steht das Fabrikat den natürlichen Cementen nicht nach.

In Paris wird der künstliche magre Kalk in der Art bereitet, dass man vier Theile Kreide von Meudon und einen Theil fetten Thon in flache kreisförmige Bassins bringt, in welchen zwei schwere Walzen, wie in Oelmühlen, umlaufen. Ist die Masse gehörig fein zertheilt und gleichmässig vermengt; so lässt man sie niederschlagen und in Stücken, wie gewöhnliche Ziegelsteine, an der Luft vollständig austrocknen. Hierauf werden sie in mässiger Hitze gebrannt, und alsdann wie der natürliche magre Kalk eingelöscht. Will man dagegen Cemente künstlich bereiten, wie in Frankreich vielfach geschieht, so muss das Fabrikat, nachdem es gebrannt ist, eben so wie der natürliche Cement noch gemahlen werden. Die Darstellung solcher Stoffe, welche die Puozzolane oder den Trass ersetzen, ist dagegen nur selten versucht, und hat zu keinen besonders günstigen Resultaten geführt. *)

---

*) Ueber die Fabrikation künstlicher Cemente und hydraulischer Kalke sind in neuerer Zeit vielfache Untersuchungen angestellt und bekannt gemacht worden. Ich begnüge mich hier, dasjenige Werk zu nennen: wodurch die allgemeine Aufmerksamkeit besonders auf diesen Gegenstand gerichtet wurde, es ist: *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires, par Vicat.* Paris 1818.

Was die *Steine* betrifft, die man zum Béton verwendet, so
rgiebt sich schon aus dem Vorhergehenden, dass eine rauhe
berfläche ihnen nicht fehlen darf, damit der Mörtel daran gut
aftet. Ausserdem ist man gemeinhin auch der Ansicht, dass sie
echt scharfkantig sein müssen, um einen guten Verband darzu-
ellen, doch werden statt der scharfkantigen Steinbrocken auch rund
bgeschliffene Flussgeschiebe benutzt, was namentlich in England
eschieht. Eine fernere Bedingung ist es, dass die Steine an sich den
ehörigen Härtegrad besitzen, weil sonst kein festes Mauerwerk
araus dargestellt werden kann. Vor ihrem Verbrauche werden
ie in Wasser getaucht oder auf andere Art stark benetzt, weil sie
onst dem Mörtel zu schnell die Feuchtigkeit entziehn und da-
urch seine vollständige Erhärtung verhindern würden. Die Grösse
er Steine ist bedeutend geringer, als die Stärke der einzelnen
étonschichten, und entspricht der Grösse der zulässigen Uneben-
eiten, so wie der ganzen Einrichtung des Apparates, womit die
ersenkung geschieht. Man könnte leicht vermuthen, dass es
ortheilhaft wäre, grössere und kleinere Steine zugleich zu ver-
enden, damit die kleineren die Zwischenräume zwischen den
össeren ausfüllen und dadurch den Bedarf an Mörtel, der immer
sonders kostbar ist, möglichst vermindern. Dieses findet in-
ssen nicht statt, denn bei der ganz zufälligen Ablagerung der
eine, die wegen des dazwischen befindlichen steifen Mörtels nie
hr dicht ist, pflegt jeder Stein nur mit einer Kante oder Ecke
ch auf den darunter befindlichen zu stützen, und es würden
shalb die kleineren Stücke, die man zusetzen wollte, leicht die
ugen noch mehr vergrössern; man ist daher ziemlich allgemein
er Ansicht, dass die Steine möglichst von gleicher Grösse sein
üssen und lässt sie daher in der Art zerschlagen, dass ihr
össter Durchmesser etwa 2 Zoll misst. Das Material, woraus
e Steinstücken bestehn, ist an sich gleichgültig, wenn es nur
en oben erwähnten Bedingungen entspricht; vorzüglich eignet
ch ein fester Sandstein dazu, doch auch Granit, Grauwacke und
ster Kalk können sehr passend angewendet werden. Vortheil-
aft ist es auch, recht feste Ziegel besonders zu diesem Zwecke
rennen und in passende Stücke zerschlagen zu lassen.

Um das *Mischungsverhältniss* zwischen den Steinen
nd dem Mörtel zu bestimmen, misst man zuweilen die wirkliche

Grösse der Zwischenräume zwischen den Steinen. Man füllt zu diesem Zwecke einen grossen wasserdichten Kasten, dessen cubischen Inhalt man kennt, mit den gehörig benetzten Steinstücken, und beobachtet, wie viel Wasser man hinzugiessen kann, bis dasselbe den Rand des Gefässes erreicht. Der cubische Inhalt dieses Wassers bezeichnet alsdann die Grösse der vorhandenen Zwischenräume und darnach würde bei dieser Art der Ablagerung eine gleiche Quantität Mörtel zur Füllung der Zwischenräume genügen. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass in dem fertigen Béton die Steine durch den Mörtel verhindert werden, eine eben so dichte Lage anzunehmen wie früher, und sonach sind die Zwischenräume wirklich grösser oder die Mörtelmasse muss bedeutender sein. Die Mischungsverhältnisse, die man wirklich dargestellt hat, sind nicht immer dieselben. Bei den Bétonfundirungen zu den Schleusen an der Ruhr nimmt man auf 12 Cubikfuss zerschlagene Steine 6 Cubikfuss fertigen Mörtel und erhält daraus 13 Cubikfuss Béton. Hiernach gehören zu 100 Cubikfuss Béton 92 Cubikfuss Steine und 46 Cubikfuss Mörtel. Aehnlich ist das Verhältniss, welches man beim Schleusenbau zu Saint-Valery an der Somme wählte: man nahm daselbst nämlich zum Cubikmeter Béton 0,87 Cubikmeter Steine und 0,45 Cubikmeter Mörtel. Bei den Schleusen am Rhein-Rhone-Canal rechnete man dagegen auf den Cubikmeter Béton nur 0,69 Steinbrocken und die zugehörige Quantität Mörtel war aus 0,22 gelöschtem Kalk und 0,40 Sand zusammengesetzt. Bei den Bauten in London hat man die Gewohnheit, die Steine und den Sand gar nicht zu trennen, sondern beides zusammen, wie es als Ballast aus der Themse gebaggert wird, dem Kalke zuzusetzen, und es ist merkwürdig, dass durch die Beimischung des Kalkteiges das Volum des Ballastes vermindert wird. Dieses erklärt sich dadurch, dass der Sand hierbei in eine mehr geschlossene Lage versetzt wird. 27 Cubikfuss Ballast, die mit 3 Cubikfuss gelöschtem Kalke und 4 Cubikfuss Wasser verbunden werden, geben nur 24 Cubikfuss Béton: die 27 Cubikfuss Ballast bestehn aber aus 23 Cubikfuss Geschiebe und 11½ Cubikfuss Sand*).

*) *Nature and properties of concrete by G. Godwin*, in den *Transactions of the Institute of British Architects. Vol. I. Part. I.* London 1836.

Zu 100 Cubikfuss Béton werden daher gebraucht 96 Cubikfuss Geschiebe, 48 Cubikfuss Sand, oder zusammen 112 Cubikfuss Ballast, ferner $12\frac{1}{2}$ Cubikfuss Kalk und 16 Cubikfuss Wasser.

Die gehörige Vermengung des Mörtels mit den Steinstücken wird dadurch mühsam, dass der Mörtel nicht viel Wasser enthalten darf, oder recht steif sein muss, wenn er schnell erhärten und den hinreichenden Grad von Festigkeit annehmen soll. Aus diesem Grunde ist ein kräftiges und anhaltendes Durcharbeiten der Masse erforderlich, und dieses muss so lange fortgesetzt werden, bis alle Oberflächen der Steine mit einer Mörtelschicht bedeckt sind. Kleinere Bétonmassen pflegt man durch Handarbeit darzustellen, wobei man sich schmaler Rechen bedient, die drei oder vier etwa 6 Zoll lange Zinken haben. Dasselbe Verfahren wird zuweilen auch noch zur Mischung grösserer Massen Béton benutzt, und zwar geschieht dies folgendermaassen: nachdem die Steine stark benetzt worden, so breitet man jedesmal 6 bis 12 Cubikfuss derselben auf einem Dielenboden regelmässig aus, so dass sie eine 6 Zoll hohe Schicht bilden. Nunmehr setzt man den Mörtel in kleinen Quantitäten hinzu und wirft ihn jedesmal so hoch, dass er wenigstens 3 bis 4 Fuss herabfällt, um sogleich in die Zwischenräume zwischen den Steinen einzudringen und an einem grossen Theile ihrer Oberfläche zu haften. Um die Berührung zu vervollständigen, bearbeitet man hierauf noch die Masse mit dem erwähnten Rechen so lange, bis man sicher ist, dass alle Oberflächen mit Mörtel bedeckt sind. Eine andere Methode zur Darstellung des Bétons besteht darin, dass man wieder zuerst den Mörtel auf die Steine wirft und alsdann mit einem Spaten vom Boden einzelne Theile der Masse absticht und selbige mit Heftigkeit auf den Haufen zurückwirft.

Man bedient sich zuweilen auch besonderer Bétonmaschinen, was z. B. bei den Schleusenbauten an der Ruhr geschehn ist. Die Maschine besteht daselbst aus einer achtseitigen prismatischen Trommel aus Holz, welche an eine eiserne Axe befestigt ist und sich mit derselben dreht. Diese Axe liegt horizontal und erhält ihre Bewegung durch eine Dampfmaschine, sobald aber die Drehung eintritt, so wird der in der Trommel befindliche Béton immer gehoben und stürzt in derselben Art

zurück, als wenn man ihn mit dem Spaten aufwirft. Die Trommel ist 6 Fuss lang und 3 Fuss weit, und macht in der Minute etwa 9 Umdrehungen. Die eine von den langen Seiten der Trommel besteht in einer Klappe, die sich öffnen lässt; durch diese schüttet man von oben die 12 Cubikfuss Steine und 6 Cubikfuss Mörtel hinein. Nach 18 Minuten ist die Durcharbeitung vollständig erfolgt und man leert alsdann die Trommel wieder durch dieselbe Klappe, durch welche die Füllung geschah, indem die Maschine angehalten wird, während die Klappe sich unten befindet. Bei Anwendung dieser Maschine verlieren die Steinstücke keineswegs ihre scharfen Ecken, wie man zuweilen besorgt; der Mörtel mässigt jederzeit den Stoss so sehr, dass kein Abbrechen erfolgen kann, und dieses giebt sich ebensowohl aus dem dumpfen Tone beim Herabfallen der Masse zu erkennen, wie aus der spätern Untersuchung des Bétons. Auf andern Baustellen giebt man dieser Trommel etwa die doppelte Länge und stellt sie nicht horizontal, sondern etwas geneigt auf, indem sie an beiden Enden offen ist. Die Klappe zum Füllen und Entleeren ist in diesem Falle entbehrlich: man schüttet die Steine und den Mörtel in kleinen Quantitäten fortwährend in die obere Oeffnung und beim Drehn der Trommel stellt sich nicht nur das Gemenge dar, sondern die ganze Masse nähert sich auch dem untern Ende, und fällt endlich daselbst heraus. Auf solche Art wirkt diese Maschine ohne Unterbrechung und durch die angemessene Wahl des Neigungswinkels, der etwa 20 Grade beträgt, kann man die Durcharbeitung so weit ausdehnen, als erforderlich ist.

Nachdem der Béton dargestellt ist, so kommt es darauf an, ihn auf die Sohle der Baugrube zu versenken. Dabei tritt die wesentliche Bedingung ein, dass der noch weiche Béton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung kommen und am wenigsten von einem heftigen Strome getroffen werden darf, denn ein solcher würde sogleich die Kalktheilchen des Mörtels ausspülen und sonach ein späteres Erhärten der Masse unmöglich machen. Es muss also dafür gesorgt werden, dass das Wasser in der Baugrube sich im Zustande der Ruhe befindet, und wenn die Baugrube im Flusse selbst liegt, so muss ein leichter Fangedamm sie umgeben, der, wenn er auch nicht wasserdicht ist, doch wenigstens das heftige Durchströmen des Wassers verhin-

dert. Wenn dagegen die Baustelle durch feste Ufer oder durch dichte Fangedämme eingeschlossen ist, so darf während des Versenkens des Bétons und bis zur vollständigen Erhärtung desselben der Wasserspiegel nicht künstlich gesenkt werden, weil in diesem Falle die Quellen durch den Boden und sonach durch den noch weichen Béton hindurchdringen und ihn stellenweise ausspülen würden, so dass er daselbst weder erhärten, noch auch eine wasserdichte Schicht darstellen könnte. Ein ähnlicher Uebelstand tritt indessen auch ein, wenn man den Béton durch das Wasser frei herabfallen lässt, wobei ganz in derselben Art, als wenn das Wasser durch den Béton strömt, wieder der Kalk ausgespült wird. In diesem Falle wäre auch noch zu besorgen, dass die Steinstücke beim Herabstürzen einen geringeren Widerstand, als der specifisch leichtere Mörtel, im Wasser erfahren und hierdurch beide schon getrennt würden. Ein freies Herabschütten des Bétons durch das Wasser ist sonach ganz unzulässig, aber wohl kann man ihn durch einen Trichter versenken, der bis zur Oberfläche der darzustellenden Schicht herabreicht, und andererseits kann man die Versenkung auch in Kasten bewirken, die langsam herabgelassen, und wenn sie nahe über dem Boden schweben, umgekehrt oder auf andere Art geleert werden.

Wenn der Béton in Trichtern versenkt wird, so müssen diese auf eine feste Rüstung aufgestellt sein und bis zur Oberfläche der zu bildenden Schicht herabreichen. Schüttet man alsdann den Béton hinein, so wird derselbe in ähnlicher Art, wie eine Sandschüttung, keineswegs sich seitwärts über die ganze Baugrube verbreiten, sondern vielmehr nur unter dem Trichter eine abgestutzte Pyramide bilden, deren obere Grundfläche mit der untern Oeffnung des Trichters übereinstimmt und deren Seitenflächen der Böschung entsprechen, welche der Béton unter Wasser annimmt. Hat ein solcher Körper sich gebildet, so hört das weitere Ausfliessen des Bétons aus dem Trichter auf, und nur wenn letzterer verschoben wird, so stellt sich aufs Neue eine Anschüttung dar und dehnt den pyramidalen Körper in derjenigen Richtung weiter aus, wohin der Trichter verschoben wurde. Auf solche Art lässt sich durch das Verfahren des Trichters auf einer Bahn ein ganzer Streifen Béton quer über die Baugrube darstellen, und wenn man hierauf wieder die ganze Bahn so weit seitwärts

schieht, dass die untere Mündung des Trichters vor die Oberfläche der bereits dargestellten Streifen vortritt, und lässt wieder den Trichter langsam sich über die Bahn bewegen, so legt sich ein zweiter Streifen neben den ersten. Auf diese Art kann man die ganze Sohle der Baugrube nach und nach bedecken oder die beabsichtigte Schicht regelmässig darstellen. Man giebt indessen einer solchen auf einmal dargestellten Schicht gewöhnlich nicht die volle Stärke, welche das ganze Bétonbette überhaupt haben soll, sondern nur etwa die Hälfte oder den dritten Theil derselben, und sonach müssen noch andere Schichten in gleicher Art darüber gelegt werden. Dabei ist es jedoch angemessen, die obern Streifen so zu legen, dass sie die Fugen der untern überdecken, weil die Fugen wegen der längeren Berührung mit dem Wasser weniger sicher geschlossen sind. Am besten möchte es sein, die Streifen in den verschiedenen Schichten in kreuzweiser Richtung anzubringen, was in Frankreich auch wirklich geschieht.

Wenn die Baustelle keine grosse Breite hat, so kann man eine Bahn leicht darüber legen, auch wenn es nöthig sein sollte, durch Verstrebungen das Durchbiegen derselben verhindern. Der Trichter ruht aber auf einem Wagen und lässt sich sonach leicht in der Richtung der Bahn bewegen, wodurch er zugleich die horizontale Ausgleichung der Oberfläche des Bétons bewirkt. Ist dagegen die Breite der Baugrube so bedeutend, dass die Bahnen sich nicht mehr gegen ein starkes Einbiegen unter dem schweren Trichter gehörig sichern lassen, ohne ihre Beweglichkeit zu verlieren, so muss man den Trichter auf Fahrzeuge setzen, die in der Baugrube schwimmen. Eine Einrichtung dieser Art war bei der bereits erwähnten Fundirung der Schleuse zu Saint-Valery an der Somme getroffen *), und Fig. 256 *a* und *b* zeigt die daselbst gewählte Aufstellung der Trichter in den Ansichten von der Seite und von vorn und zum Theil auch im Durchschnitte. Es trat hierbei die Schwierigkeit ein, den Trichter immer in gleicher Höhe zu erhalten, da eines Theils der Wasserstand in der Baugrube nicht constant war, hauptsächlich aber auch die Fahrzeuge bald mehr und bald weniger tief eintauchten, jenach-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I.* p. 52.

dem sie gerade durch den aufgeschütteten Béton schwerer oder leichter belastet waren. Um diese Abweichungen auszugleichen, brachte man an beiden Seiten zehn grosse Tonnen an, die auf dem Wasser schwammen und die man mittelst langer Winkelhebel herabdrücken konnte. Geschah dieses, so trugen dieselben einen Theil von der Belastung und die Fahrzeuge hoben sich. Auf diese Art war es möglich, durch angemessenes Anziehn der Hebelarme die Fahrzeuge mit dem Trichter immer in derselben Höhe zu erhalten. Mittelst dieser Vorrichtung konnte man indessen nicht bis an den Rand der Baugrube gelangen, und um auch hier den Béton zu versenken, so legte man die Rüstung, welche den Trichter trug, an einer Seite auf ein Fahrzeug und an der andern auf einen Wagen, der auf einer Bahn sich längs dem Ufer bewegte.

Bei den Trichtern ist zu bemerken, dass sie immer bis über die Oberfläche des Wassers in der Baugrube mit Béton angefüllt bleiben müssen, damit einestheils der gehörige Druck auf den so eben versenkten Béton ausgeübt wird und anderntheils auch das Material, während es in die Trichter geschüttet wird, nicht durch das Wasser hindurchfällt. An der untern Mündung des Trichters bemerkt man in der Figur noch zwei Walzen, welche den frisch versenkten Béton comprimiren und ebnen, und zwar kommt bei der abwechselnden Bewegung des Trichters nach der einen und der andern Seite jedesmal diejenige Walze in Wirksamkeit, welche dem Trichter folgt. In andern Fällen hat man die Weite des Trichters viel geringer, als die Figur nachweist, angenommen, doch pflegt sich alsdann bald der Uebelstand zu zeigen, dass der Béton stark an den Seitenwänden haftet und dass er namentlich, wenn die Arbeit unterbrochen worden ist, nicht mehr frei herabsinkt und überhaupt der Druck gegen die Schüttung sich merklich vermindert. Zur Beseitigung dieser Uebelstände hat man dem Trichter andererseits oben und unten eine gleiche Weite oder eine ganz prismatische Form gegeben, was auch bei den Schleusenbauten in Duisburg geschehn ist.

Bei der Versenkung des Bétons in Trichtern tritt immer der grosse Uebelstand ein, dass der Béton in sehr vielfache Berührung mit dem Wasser kommt und dadurch der Kalk aus dem Mörtel viel stärker ausgewaschen wird, als bei dem Versenken

in Kasten. Wenn man nämlich einen Trichter immer bis über Wasser gefüllt erhält, was in anderer Beziehung nothwendig ist, so kann man ihn nur langsam vorrücken lassen, und zwar ist die Bewegung, die er auf einmal erhalten darf, um so geringer, je weniger er sich nach oben erweitert: sobald er aber um einige Zolle auf der Bahn oder mit den Schiffen verschoben wird, so verlängert sich um eben soviel der Streifen, oder seine Kopfböschung wird durch eine dünne Bétonschicht überdeckt. Diese Schicht wird auf ihrer ganzen freien Oberfläche von dem Wasser berührt und der Mörtel darin kann leicht erweichen und einen Theil des Kalkgehaltes verlieren. Indem nun die einzelnen Streifen und die ganzen Lagen des Bétons sich nur aus solchen dünnen Schichten zusammensetzen, von denen jede einzelne bei ihrer Bildung mit dem Wasser in starke Berührung trat; so wiederholt sich der erwähnte Uebelstand fortwährend bei der Versenkung des ganzen Bétonbettes, und die Erfahrung zeigt auch wirklich, dass hierbei sehr grosse Kalkmassen ausgespült werden. Beim Bau der Schleuse in Ruhrort, woselbst der Béton in Trichtern versenkt war und das Bétonbette die Stärke von 3½ Fuss erhalten hatte, lagerte sich darüber ein dicker Schlamm, der nach der Entfernung des Wassers 5 bis 6 Zoll hoch den Boden bedeckte. Im trocknen Zustande spaltete er in kleine Stückchen und war so leicht, dass er nur langsam im Wasser zu Boden sank, wobei er jedoch sehr schnell zerfiel. Er bestand grossentheils aus Kalk, der nur aus dem Mörtel ausgespült sein konnte. Um die Berührung des ausfliessenden Bétons mit dem Wasser zu verhindern, machte Mary den Vorschlag, den Trichter an seiner untern Mündung noch mit zwei geneigten Flächen zu versehn, welche die Dossirungen sowohl an der Seite, als auch in der Richtung, wohin der Trichter sich bewegt, bedecken. *) Magdelaine hat beim Bau der Schleuse zu Saint-Valery hiervon Gebrauch gemacht, obwohl in der vorerwähnten Beschreibung dieses nicht angeführt wird. Es ist zweifelhaft, ob hierdurch das Auswaschen wirklich verhindert wird, indem das Wasser wahrscheinlich bei der Bewegung des Trichters mit Heftigkeit hinter den Boden strömt und dadurch eben so nachtheilig

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. p.* 81.

einwirkt; jedenfalls wird der Apparat aber durch diese Klappen unbequemer, und der Trichter muss jedesmal ausgehoben und verändert werden, wenn man ihn in entgegengesetzter Richtung bewegen will.

Die erwähnte Verbreitung des Bétons in dünne Schichten hat auch noch eine andere üble Folge. Dabei wird nämlich eine Trennung des Mörtels von den Steinen leicht möglich, indem die letzteren wegen ihres grösseren specifischen Gewichtes leichter herabrollen, als der Mörtel ihnen folgen kann. Auch hiervon kann man sich bei Bétonschüttungen, die mit dem Trichter ausgeführt sind, überzeugen, indem stellenweise die Zwischenräume zwischen den Steinen gar nicht mit Mörtel gefüllt werden. Endlich muss auch noch auf den Nachtheil aufmerksam gemacht werden, den die Trichter verursachen, sobald die Arbeit unterbrochen wird. Man kann alsdann entweder den Trichter angefüllt stehn lassen, oder aber man schiebt ihn so weit vor, dass er sich vollständig leert. Im ersten Falle erhärtet der darin befindliche Mörtel, wenn er gehörig steif war, schon während einer Nacht so stark, dass er am folgenden Tage nicht mehr von selbst ausfliesst. Man kann ihn zwar noch herabstossen, oder auch während der Nacht durch den Wächter den Trichter einigemale mittelst einer Winde etwas vorrücken lassen und dadurch das starke Anhaften gegen die Wand verhindern; doch wird auf solche Art keineswegs dem grössten Uebelstande vorgebeugt, dass nämlich die Bétonmasse schon erhärtet herabfällt und sonach nicht mehr eine innig zusammenhängende Masse bilden kann. Wenn man dagegen am Abende den Trichter ganz entleert, so füllt er sich mit Wasser an, und wenn man am Morgen den Béton hineinschüttet, so stürzt derselbe durch das im Trichter befindliche Wasser hindurch. Die letzte Anordnung möchte immer noch den Vorzug verdienen, und man kann auch zu dieser Füllung des Trichters jedesmal noch besondere Kasten anwenden, worin der Béton herabgelassen wird.

Zum Versenken des Bétons in Kasten hat man verschiedene Anordnungen angewendet. Zunächst soll diejenige beschrieben werden, die Beaudemoulin beim Bau der Schleuse in

Hüningen wählte *) und die auch beim Bau der grossen Ill-Schleuse bei Strassburg angewendet wurde. In der Baugrube schwamm eine Rüstung, die aus mehreren Gängen bestand, welche zwischen sich vier schmale Oeffnungen liessen, die ohne Unterbrechung sich über die ganze Breite des mit Béton zu bedeckenden Raumes erstreckten. In den ersten beiden Oeffnungen wurde der Schlamm, der sich auf dem Boden der Baugrube bildete, theils ausgehoben und theils durch eine Art von Besen an die Seite geschafft; ein besonderer Graben war zur Aufnahme desselben hier ausgebaggert. In der dritten und vierten Oeffnung geschah endlich die Versenkung des Bétons. Den hierzu dienenden Apparat zeigt Fig. 257 *a* und *b*. Eine leichte Rüstung mit einer Winde wird nämlich auf zwei der erwähnten Gänge des Flosses so gestellt, dass sie frei über der Oeffnung steht, und mittelst der Winde kann der Kasten herabgelassen werden, der jedesmal mit einem Zehntel Cubikmeter oder $3\frac{1}{4}$ Cubikfuss Béton angefüllt wird. Ist diese Füllung geschehn, so werden die beiden untergelegten Bäume, welche bisher den Kasten trugen, herausgezogen, und mittelst der Winde lässt man den Kasten so weit langsam herab, bis er auf der Sohle der Baugrube, oder auf dem schon früher versenkten Béton aufsteht. Nunmehr dreht man die Winde um einen Quadranten zurück, was sich aus der Stellung der Arme leicht beurtheilen lässt; alsdann schwebt der Kasten etwa 4 Zoll über dem Boden, und es ist Raum genug vorhanden, ihn um seine Axe zu drehn. Das Letzte geschieht mittelst der Leine, die Fig. 257 *b* angedeutet ist, und dadurch erfolgt die Leerung des Kastens. Bei der nächsten Versenkung wird die Winde um die Länge des Kastens vorgerückt, und sonach bildet sich unter der Oeffnung im Flosse ein ähnlicher Streifen, wie bei der Anwendung des Trichters. Auf solche Art wird gleichzeitig über beiden Oeffnungen des Flosses die Versenkung vorgenommen, und indem man jedesmal nach Beendigung beider Streifen das Floss etwas weiter schiebt, so legt man auch hier einen Streifen an den andern und bildet dadurch die Schichten. Die einzelnen Streifen, welche durch die vordere Oeffnung

*) *Recherches théoriques et pratiques sur la fondation par immersion des ouvrages hydrauliques par Beaudemoulin.* Paris 1829.

versenkt werden, vereinigen sich zu der untern Schicht, während die zweite aus denjenigen Bétonmassen entsteht, die man in der hintern Oeffnung herablässt.

Zuweilen wird der Senkkasten mit einem beweglichen Boden versehn, der, sobald der Béton ausgeschüttet werden soll, mittelst einer Leine gelöst wird, und sich abwärts öffnet. Dabei wird der etwas grössere Kraftaufwand zum Umstürzen des Kastens erspart, aber der Kasten muss, wenn der Boden frei aufschlagen und sich ganz öffnen soll, in einer grösseren Höhe über der Sohle der Baugrube oder dem bereits ausgeschütteten Béton schweben, oder der Béton muss aus grösserer Höhe frei durch das Wasser fallen, wobei er mehr leidet. Bei den Hafenbauten in Algier, so wie auch sonst in Frankreich, hat man in neuerer Zeit dem Senkkasten statt eines, zwei bewegliche Boden gegeben, die aber, wenn sie geschlossen sind, nicht in eine Ebene fallen, sondern einen rechten Winkel gegen einander bilden. Beide haben die Drehungs-Axen an den obern Seiten, während die sich berührenden untern Seiten gemeinschaftlich gelöst werden. Es leuchtet ein, dass ein solcher Kasten sich entleert, wenn er nur wenige Zolle über der Sohle der Baugrube schwebt. Die Berührung mit dem Wasser während des Versenkens dürfte daher auf diese Art möglichst vermindert werden. *)

Beim Versenken des Bétons mittelst Kasten bilden sich nur einzelne Haufen neben einander, und die Schichten erhalten nicht die ebene Oberfläche, wie bei Anwendung der Trichter. Für die untern Schichten ist dieses ohne Nachtheil, und selbst bei den obern kommt es auf eine vollständige Ausgleichung keineswegs an, da man nach der Trockenlegung die Vertiefungen leicht ausmauern kann, nichts desto weniger pflegt man mittelst einer schweren gusseisernen Scheibe den Béton unmittelbar nach dem Versenken, also während er noch weich ist, durch kräftiges Drücken zu ebnen. Man darf indessen die Scheibe nicht als Stampfe benutzen, weil dadurch das Wasser in starke Bewegung versetzt, und der Kalk aus dem Mörtel ausgespült werden möchte.

---

*) *Mémoire sur les travaux à la mer, par M. Potrel.* Paris 1841.

Um das ganze Verfahren bei der Bétonfundirung zu beschreiben, wähle ich zuerst den Fall, dass der Baugrund aus Sand oder Kies besteht, und setze voraus, dass sich sehr starke Quellen in demselben bilden würden, wenn man die Fundirung in gewöhnlicher Art vornehmen und das Wasser ausschöpfen wollte. Diese Quellen lockern aber den Sand auf und vermindern daher die Tragfähigkeit des Bodens, woher die Pumpen nicht früher in Thätigkeit gesetzt werden dürfen, als bis man den Béton aufgebracht und dadurch eine Auflockerung des Grundes unmöglich gemacht hat. Es muss sonach das Grundwasser Anfangs gar nicht gesenkt und die Baugrube unter Wasser ausgegraben werden. Man gräbt nämlich den Boden bis zu derjenigen Tiefe aus, die man ohne Anwendung von Schöpfmaschinen noch erreichen kann, also etwa 6 Zoll oder 1 Fuss unter dem natürlichen Wasserstande. Alsdann müssen Baggermaschinen aufgestellt werden, die so eingerichtet sind, dass man mit ihnen die Vertiefung weit genug treiben kann. Die nähere Beschreibung dieser Maschinen soll später gegeben werden, hier ist nur zu bemerken, dass man durch sie auch recht ebene Flächen darstellt, die wenigstens keine Erhebungen zeigen, die grösser als etwa 3 Zoll sind. Man könnte in ähnlicher Art, wie §. 44 bei Gelegenheit des Brückenbaues zu Moulins beschrieben ist, auch durch Ausstreichen eine noch vollständigere Einebnung hervorbringen, auch würde, falls das Wasser sehr trübe ist und sonach ein starkes Absetzen von Schlamm befürchtet werden muss, eine Ueberschüttung mit grobem Kies vortheilhaft sein, wozwischen der Schlamm sich lagern kann, ohne den Béton darüber zu verunreinigen. Dieses Verfahren ist bei der Fundirung der Eingangsschleuse in den Canal St. Martin wirklich in Anwendung gekommen.*)

Die Baugrube muss in ihrer Sohle diejenige Ausdehnung haben, welche man für die Fundirung bestimmt hat, und in den Seiten muss sich überall die erforderliche Dossirung vorfinden, damit kein Einstürzen der Ufer zu besorgen ist. Nunmehr umgiebt man die Sohle der Baugrube von allen Seiten mit einer Spundwand, so dass durch die Richtung derselben die Grösse

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I.* p. 87.

und Form des Bétonbettes sich bestimmt. Die Spundwand wird mit Holmen versehn, die nothwendig über Wasser treffen müssen, und alsdann füllt man den Raum zwischen der Spundwand und den dossirten Ufern mit einer Erde an, die sich zu Fangedämmen eignet und stampft dieselbe fest, wodurch für den spätern Bau der Zudrang des Wassers von der Seite her sehr gemässigt wird und zwar um so mehr, je tiefer die Spundpfähle hinterfüllt sind. Die Baugrube ist sonach rings umher bis zu den Holmen der Spundwände zugänglich gemacht, und auf diesen Holmen kann man die etwa nöthigen Verstrebungen und die Rüstungen zum Versenken des Bétons aufbringen, sowie auch die Bahn des Trichters unmittelbar darauf liegt. Es muss bemerkt werden, dass man zuweilen die Spundwand schon früher einrammt, ehe die Baggerung bis zur vollen Tiefe herabgeführt ist; man erreicht dadurch den Vortheil, dass die Baggerung und überhaupt die Erdarbeiten eine etwas geringere Ausdehnung erhalten, denn derjenige Theil der Austiefung, der später zwischen den Spundwänden vorgenommen wird, darf keine Seitendossirung erhalten, und sonach verringert sich die Oberfläche der Baugrube, auch lässt sich die Baggermaschine gewöhnlich sehr bequem auf dieselbe Rüstung stellen, die später zum Versenken des Betons dient. Dagegen tritt bei diesem Verfahren der Uebelstand ein, dass das Einrammen der Spundwand wegen der grösseren Tiefe, zu der die einzelnen Pfähle herabgetrieben werden müssen, erschwert wird, was gemeinhin grössere Kosten verursacht, und es lässt sich auch der Zudrang des Wassers von der Seite her nicht so sicher vermeiden, als wenn die Ausbaggerung zuerst vollständig bewirkt war und folglich die Anschüttung dahinter tiefer herabreicht.

Die Versenkung des Bétons erfolgt, wie bereits beschrieben ist, doch muss noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass in dieser Zeit die Quellen nicht in die Baugrube treten und namentlich nicht von unten her eindringen dürfen, denn wenn dieses geschieht, so zieht sich das Wasser durch die noch weiche Bétonschüttung hindurch und reisst stellenweise den Kalk, auch wohl den Sand mit sich und bildet dadurch undichte Stellen. In manchen Fällen kann man einige Bewegung des Wassers nicht vermeiden, und namentlich findet dieses zuweilen bei Schleusen-

mehrmals vorgekommen ist. Man muss daher der
eine solche Stärke geben, dass sie vermöge ihrer
Festigkeit diesem Bruche mit Sicherheit widersteht,
in jedem einzelnen Querschnitte. Um hiernach die
e Stärke des Bétonbettes zu bestimmen, ist es nöthig,
sche Gewicht und die Festigkeit des Bétons zu kennen.
hängt von dem dazu verwendeten Material ab und ein
dafür dürfte sich etwa auf 1,5 stellen. Ich fand,
Cubikfuss Béton, der aus gebrannten Steinen und
l bereitet war, im frischen Zustande 105 und ganz
net 92 Pfund wog; wenn man aber Sandstein oder
n benutzt, so wird er bedeutend schwerer und über-
Doppelte des Gewichtes vom Wasser. Die Anwendung
lagenen Basaltes empfiehlt sich aber vorzugsweise,
arauf ankommt, recht schweren Béton darzustellen.
die respective Festigkeit des Bétons betrifft, so kann
e mit hinreichender Genauigkeit aus der absoluten
herleiten. Letztere beträgt bei gutem hydraulischen
ifig 400 bis 500 Pfund auf den Quadratzoll. Einige
s mittelmässig gutem Trassmörtel von 2 bis 4 Quadrat-
chnitt, die ich einst untersuchte, nachdem sie während
Monaten unter Wasser gelegen hatten, zeigten eine
estigkeit, die auf den einzelnen Quadratzoll Querschnitt
50 und 100 Pfund betrug. Für die grossen Mörtel-
ie bei Bétonfundirungen versenkt werden, darf man
verschiedenen Zufälligkeiten das Maass der Festig-
lgemeinen nicht zu gross annehmen; wenn man aber,
icher zu sein, dieses so geringe setzen wollte, wie
rsuche es ergeben, so würde daraus die Nothwendig-
ganz ungewöhnlichen Mächtigkeit des Bétonbettes fol-
us der Erfahrung sich nicht ergiebt. Hierbei kommt
der Umstand in Betracht, dass die umgebende Erde
igen Theile des Fangedammes, welche an beiden
Seiten die Baugrube einschliessen, wesentlich zur Ver-
eines Bruches beitragen, während in der nachstehend
en Berechnung die Bedingung für das Gleichgewicht
inzelnen Querschnitte ohne Rücksicht auf diese gün-
stände hergeleitet ist. Man darf deshalb wohl die

Festigkeit des Bétons, wenn er mit der nöthigen Sorgfalt bereitet und versenkt ist, zu 100 Pfund auf den Quadratzoll Querschnitt annehmen.

Ich setze voraus, dass an beiden langen Seiten der Baugrube auf dem Bétonbette Fangedämme aus Béton aufgeführt sind, welche das Aufschwimmen des ganzen Bettes durch ihr Gewicht verhindern, dass sie aber einem Bruche in der Mitte des Bettes nicht entgegenwirken, sondern in diesem Falle leicht eine drehende Bewegung annehmen, ohne die Höhenlage ihres Schwerpunktes zu verändern. Hiernach bestimmt sich die Kraft, welche auf den Bruch hinwirkt durch den Druck des Wassers gegen denjenigen Theil des Bétonbettes, welcher zwischen den Fangedämmen liegt, und diesem Drucke wirkt sowohl das Gewicht von eben diesem Theile des Bétonbettes als dessen Festigkeit entgegen. Bezeichnet man mit

b die Breite des Bétonbettes zwischen den Fangedämmen,
e die Dicke desselben,
h die Höhe des äussern Wasserstandes über dem Bétonbette,
m die absolute Festigkeit des Bétons in Pfunden und zwar für die angenommene Maasseinheit, nämlich den Quadratfuss,
γ das Gewicht eines Cubikfusses Wasser und mit
$p\,\gamma$ das Gewicht eines Cubikfusses Béton;

so ist für den am meisten zu besorgenden Bruch, nämlich in der Mittellinie der Fundirung, das Moment des Wasserdruckes gegen den halben Boden des Bétonbettes und zwar für einen Abschnitt desselben von 1 Fuss Breite

$$\tfrac{1}{2}\, b\,(h+e)\,\gamma \cdot \tfrac{1}{4}\, b$$

und das Moment vom Gewichte des Bétonbettes

$$\tfrac{1}{2}\, b\, e\, p\, \gamma \cdot \tfrac{1}{4}\, b$$

sowie das Moment der respectiven Festigkeit

$$e\, m \cdot \tfrac{1}{3}\, e$$

Die Bedingung des Gleichgewichtes ist also

$$\tfrac{1}{8}\, b^2\, \gamma\,(h+e) = \tfrac{1}{8}\, b^2\, e\, p\, \gamma + \tfrac{1}{3}\, e^2\, m$$

und es lässt sich durch Auflösung dieser Gleichung der Werth von e bestimmen.

Bei der Schleuse in Ruhrort war

$b = 29$ Fuss
$e = 3{,}5$ Fuss.

ıan für diesen Fall

$p = 1{,}5$

$m = 14400$ Pfund und

$\gamma = 66$ Pfund,

t

$h = 10{,}2$ Fuss

ıs Bétonbette von dieser Breite und Stärke kann so eben em Drucke widerstehn, wenn der äussere Wasserstand was mehr, als 10 Fuss über die Oberfläche des Bétons Dieses war in der That auch der Fall gewesen, als eim Anschwellen die Ruhr einige Fuss höher stieg und e Baugrube noch immer trocken erhalten wollte, so brach tung, die schon manche undichte Stellen zeigte, der Länge uf. Um dem Drucke eines Wasserstandes von 15 Fuss er Oberfläche widerstehn zu können, hätte das Bétonbette er vorstehenden Formel die Stärke von $4\frac{1}{2}$ Fuss haben .

ıs Bétonbette sichert die Baugrube nur gegen den Wasser- g von innen. Von der Seite halten zwar die Spundwände e Erdschüttung dahinter einigermaassen das Wasser ab, eten zuweilen daselbst noch sehr starke Quellen hervor, die Ausführung des Baues verhindern oder sehr erschweren. ıem Falle führt man häufig, wie bereits erwähnt worden, ım die Baugrube noch Fangedämme von Béton auf, auf dem Bétonbette stehn und mit demselben eine zu- ıhängende Masse bilden. Die Darstellung dieser Fange- bietet keine Schwierigkeit, sobald man nur die Um- sung für sie auf der innern Seite, oder über dem Béton- ebildet hat. Zu diesem Zwecke stösst man zuweilen die mit scharfen Schuhen versehn sind, in den Béton ein ınt dagegen die Tafeln, welche die umschliessende Wand sollen. Dieses Verfahren ist jedoch nicht zu empfehlen, e Fundirung dadurch leicht beschädigt werden kann, viel- erdient diejenige Methode den Vorzug, die Beaudemoulin und welche sich aus Fig. 258 ergiebt. Es werden dabei zwei gegenüberstehende Stiele zu einem Rahmen verbunden hörig verstrebt, oder durch Spannriegel gehalten, so dass genseitig ihre Stellung sichern. Diese Rahmen werden

über Wasser zusammengesetzt und alsdann aufgestellt. Gegen die Stiele lehnt man hierauf die vorbereiteten Tafeln und nagelt selbige oben fest. Dabei muss bemerkt werden, dass die blosse Verstrebung bei der Versenkung des Bétons leicht ein Aufbiegen des obern Balkens verursacht, und es ist daher vortheilhaft, noch Spannriegel zwischen den untern Enden der Stiele anzubringen. Die Schüttung des Bétons für die Fangedämme geschieht immer in Kasten.

Indem die Bétonfangedämme aus einer Masse bestehn, welche an Tragfähigkeit dem Mauerwerk gewöhnlich gleich ist, so können sie sehr wohl als Theile der Schleusenwände oder der sonstigen Mauern benutzt werden, sie müssen aber, wenn sie auf der innern Seite stark dossirt sind, später abgetreppt werden, um ein Abgleiten der dagegen gelehnten und darüber geführten Mauern zu verhindern. Die Figur zeigt durch die punktirten Linien das Profil der fertigen Schleusenmauern, worin die Fangedämme mit eingebunden sind. Bei dieser Construction darf man zwar auf innige Verbindung der Mauern mit dem Béton nicht rechnen, und es ist daher nothwendig, die gesammte Stärke etwas grösser anzunehmen, als bei Anwendung eines gleichmässigen guten Materials erforderlich gewesen wäre. Es kommt hierbei indessen der günstige Umstand in Betracht, dass der Béton vermöge des stark hydraulischen Mörtels, der dazu benutzt wird, sich wenig setzt und sonach keine Trennung in der Art erfolgt, wie man sonst wohl bemerkt, wenn man zwei Mauern mit einander verbindet, von denen die eine mit viel weiteren Fugen als die andere aufgeführt ist. Bei den besten Cementen und ebenso bei gutem Trassmörtel zeigt sich im Gegensatze zu dem aus fettem Kalke bereiteten Mörtel die eigenthümliche Erscheinung, dass während des Erhärtens eine Ausdehnung erfolgt, was sich bei Anstellung der oben erwähnten Proben häufig durch das Zerspringen der Gläser zu erkennen giebt.

Mittelst dieser Bétonfangedämme lässt sich noch auf eine sehr vortheilhafte Art der Druck des Wassers gegen das Bétonbette vermindern, wodurch es möglich wird, die Stärke des letzteren geringer anzunehmen, als die obige Untersuchung ergiebt. Auf jeder Baustelle (wenn sie nicht etwa im freien Strome liegt) kann man nämlich das Grundwasser durch die Schöpfmaschinen

ewissen Tiefe noch bequem senken, und indem
n die Bétonfangedämme geschieht, so reducirt man
ick, dem das Bétonbette ausgesetzt bleibt, auf eine
ickhöhe. Indem man aber die Bétonfangedämme
ber diese Höhe heraufführt, so halten sie bei einem
eigen des Grundwassers in Folge anhaltender Regen,
die Schöpfmaschinen aus anderem Grunde ausser
gesetzt werden müssen, das Wasser nicht ab, und
sogleich die Baugrube, oder der Druck von unten
Man bildet auf solche Art eine äussere und eine
augrube. Die erstere, welche sich rings um den mit
geschlossenen Raum erstreckt, wird durch kräftige
schinen wenigstens bis unter die Krone der Bétonfange-
ocken gelegt und die innere Baugrube, die sich inner-
er Fangedämme befindet, ist, wenn die Fundirung gehörig
rt wurde, nur einem geringen Wasserzudrange ausgesetzt,
mit einigen Handpumpen beseitigen lässt. Dieses Ver-
ist zuerst bei der Schleuse zu Saint-Valery angewendet
, doch waren die Fangedämme zu hoch, denn das Béton-
rach der Länge nach auf, sobald die Schöpfmaschine der
n Baugrube ausser Thätigkeit gesetzt wurde.*) Dabei
aber noch nöthig, einen besonderen Sammelgraben, sowie
einen Sumpf für die äussere Schöpfmaschine einzurichten.
ei Bétonfundirungen ereignet es sich zuweilen, dass an
nen Stellen bedeutende Quellen durchtreten. Eine Un-
ässigkeit beim Versenken des Bétons, oder ein zu früh-
s Auspumpen des Wassers, vielleicht auch eine zu starke
rwältigung in späterer Zeit, während die Quellen gerade
lers reichhaltig waren, können hierzu Veranlassung geben.
ein solcher Fall eingetreten ist, so muss eine besondere
ht angewandt werden, um den Zufluss zu sperren und ihn
em darüber aufzuführenden Mauerwerke abzuhalten. Wollte
eine undichte Stelle im Béton, welche das Wasser stark
lässt, durch ein darüber versetztes Werkstück oder durch
elbare Uebermaurung schliessen, so würde der noch weiche
l in den Fugen dieser Mauer sogleich ausgespült werden,

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1832. *I. p.* 75.

und der Quell würde nach und nach, so oft man ihn abzusperren versucht, auch immer weiter durch die Mauer dringen und seitlich beschädigen, sein Austreten in die Baugrube daher auf solche Art gar nicht zu hemmen sein. Man muss sonach, wenn man die undichte Stelle mit Mauerwerk überdecken will, darin künstlich einen Canal bilden, worin das Wasser mit Leichtigkeit abfliessen kann; nur in diesem Falle greift der Quell die Fugen daneben nicht an und der Mörtel in den letzteren kann vollständig erhärten. Ist die Erhärtung erfolgt und tritt das Wasser durch eine gehörig vorgerichtete Ausflussöffnung hervor, so kann man die letztere leicht verschliessen und sonach den Quell sperren. Man hat dieses Mittel häufig in Anwendung gebracht und namentlich hölzerne Röhren zur Ausmündung des Quelles benutzt, die eingemauert, und nach der vollständigen Erhärtung des Mörtels durch einen hölzernen Pfropf verschlossen wurden. Dabei findet aber, wenn man auch die Verschiedenartigkeit des Materials unbeachtet lässt, noch der Uebelstand statt, dass der Canal im Mauerwerke bleibt, und bei einer zufälligen spätern Eröffnung der umgebenden Fugen das Wasser wieder durch das Bauwerk zu fliessen anfängt. Es liegt hiernach ein grosser Vorzug in der Methode, den ganzen Canal mit einer Masse auszufüllen, welche vollständig erhärtet und das Mauerwerk an dieser Stelle ersetzt. Zu diesem Zwecke eignet sich wieder am besten ein stark hydraulischer Mörtel; das dabei anzuwendende Verfahren verdient aber eine nähere Beschreibung.

Bérigny versuchte es zuerst, unter einem Bauwerke die hohlen Räume durch Einspritzen einer dickflüssigen Masse auszufüllen. Unter dem Boden der alten Schiffsdocke zu Rochefort hatte das durchdringende Wasser den Grund ausgespült, und es zeigten sich Risse und Versenkungen im Mauerwerke, welche den Einsturz des ganzen Gebäudes befürchten liessen. Durch das erwähnte Verfahren füllte Bérigny die Höhlungen wieder an. Er bediente sich dabei einer ausgebohrten eisernen Röhre von 6 Zoll Weite und nahe 4 Fuss Länge, die auf ein im Boden ausgeführtes Bohrloch gestellt wurde. Die Röhre wurde mit einem dicken Thonbrei angefüllt, worauf der passende Kolben mit der Kolbenstange eingesetzt und letztere mittelst eines Rammklotzes, der 160 Pfund wog, eingetrieben wurde.

Sobald man auf diese Art nach mehrmaliger Füllung der Röhre kein Material durch das Bohrloch mehr hineinbringen konnte, so wiederholte man dieselbe Operation in einem zweiten Bohrloche, das etwas über 3 Fuss vom ersten entfernt war und so fort. Bei der Spülschleuse zu Dieppe, wo dieselbe Reparatur erforderlich war, benutzte Bérigny statt des Thones schon den Mörtel *), der später zu ähnlichen Arbeiten immer angewendet ist. Es mag bei dieser Gelegenheit auch noch die Ausfüllung des Rostes unter den Pfeilern der Brücke zu Tours erwähnt werden, die in den Jahren 1835 und 1836 erfolgte. Man musste hier die Brückenpfeiler ihrer ganzen Höhe nach durchbohren, um zu den Höhlungen unter dem Roste zu gelangen. Das Bohrloch hatte die Länge von 12 Meter oder 38 Fuss, seine Weite betrug 5½ Zoll. Das Eintreiben des Mörtels unter einem starken Drucke, der von oben angebracht wurde, liess sich wegen des grossen Widerstandes in dem langen Bohrloche nicht mehr bewirken, daher wählte Beaudemoulin das Verfahren, dass er einen durchbohrten eisernen Kolben, dessen Ventile nach unten aufschlugen in der Höhe des Rostes, also unmittelbar über den auszufüllenden Räumen, mittelst des Bohrgestänges auf- und abbewegen liess. Dieser Kolben schob das darüber befindliche Material abwärts und füllte auf solche Art die Höhlungen an. Unter dem zehnten Pfeiler der Brücke sollen auf diese Art 34¾ Cubikmeter, oder 1123 Cubikfuss Mörtel herabgebracht sein; doch war derselbe vorher nicht zubereitet, weil er in diesem Falle zu schnell erhärtete, man sah sich vielmehr gezwungen, die Bestandtheile desselben besonders zu versenken, und die beschriebene Operation bezog sich nur auf den Kalkbrei, während der Sand dazwischen frei eingeschüttet wurde. **)

Die Ausfüllung der ausgesparten künstlichen Canäle, worin die Quellen bis zur vollständigen Erhärtung des umgebenden Mauerwerkes frei abfliessen, geschieht ungefähr auf ähnliche Weise, man darf aber in diesem Falle nie eine ganz abgeschlossene enge Höhlung zu füllen versuchen, denn das darin enthaltene

---

*) Sganzin, *programmes. 4. édition. I. p.* 52. Bérigny hat diese Arbeiten auch in einem besondern Mémoire beschrieben.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II. p.* 117.

Wasser kann dem eindringenden Mörtel nicht ausweichen, und sonach erfolgt die Füllung eines solchen Raumes gar nicht, oder doch nur sehr unvollständig. Das Verfahren, das man hierbei in Anwendung bringen muss, ist folgendes. Wenn aus dem Brunnenbette an einer Stelle eine Wasserader oder ein stärkerer Quell hervortritt, so darf man, wie bereits erwähnt worden, ihn nicht durch Uebermauerung sogleich abzuschliessen versuchen, sondern man muss vielmehr einen künstlichen Canal von mindestens 3 Zoll Weite darstellen, worin das Wasser mit Leichtigkeit abfliessen kann. In diesem Falle verschwindet die Einwirkung des Wassers auf den umgebenden Mörtel, und die Fugen können gehörig erhärten. Der Quell wird so weit geleitet, bis man ihn ganz sicher eingefasst hat und man sonach die Schliessung vornehmen kann, ohne ein Durchbrechen des Wassers an einer andern Stelle zu besorgen. Zur Einbringung des Mörtels darf indessen der erwähnte Canal nicht benutzt werden, weil in diesem Falle das Wasser sich nicht zurückdrängen lässt; man muss vielmehr eine besondere Oeffnung zu diesem Zwecke vorrichten, oder dem Canale noch eine zweite Mündung geben, die am besten nach oben gekehrt ist, wobei aber auch ganz scharfe Biegungen im Canale vermieden werden müssen. In die obere Oeffnung setzt man das Gussrohr von einer Spritze ein. Dieses ist eine ausgebohrte hölzerne Röhre und das Gussrohr besteht aus Eisenblech. Die lichte Weite der Röhre beträgt etwa 5 Zoll und die des Gussrohres 2½ Zoll. Letzteres wird, nachdem es in die Mündung des Canales eingesetzt ist, sorgfältig verstrichen, um jeden Seitenausfluss zu verhindern. Man füllt nunmehr die hölzerne Röhre mit einem zwar dünnen, aber stark hydraulischen Mörtel an, und oft fliesst derselbe schon durch sein eigenes Gewicht herab, und füllt den Canal, doch pflegt dieses nur im Anfange zu geschehen, und bald müssen noch besondere Mittel angewendet werden, um ihn herabzutreiben. Dieses geschieht, nachdem die Röhre ganz angefüllt ist, indem man einen Pfropfen aus aufgelöstem Tauwerk bildet und denselben darauf setzt, worüber alsdann eine Kolbenstange kommt, die sich in der hölzernen Röhre ohne Widerstand hin- und herbewegen lässt, und dieses selbst in dem Falle, wenn sie quellen sollte. Diese Stange drückt man mit Gewalt hinein, und wenn der todte Druck sie

nicht mehr bewegt, so treibt man sie mit Schlägeln oder auch wohl mit einer Handramme herab, bis der in der Röhre befindliche Mörtel in den Canal gedrungen ist. Hierbei muss man aber aufmerksam sein, dass der Mörtel nicht etwa durch den Pfropf oder zur Seite desselben rückwärts herausquillt, weil er sonst das spätere Herausziehn des Pfropfes sehr erschwert und wohl das Ausheben der Pumpe zu diesem Zwecke nöthig macht. Das Letzte ist besonders insofern nachtheilig, als die ganze Operation schnell und ohne Unterbrechung ausgeführt werden muss, damit der Mörtel nicht etwa schon erhärtet, während man ihn noch weiter treiben will. Bemerkt man also, dass der Pfropf nicht dicht schliesst, so muss man sogleich die Kolbenstange herausnehmen und eine zweite Lage Werg über die erste legen. Sobald die Kolbenstange soweit herabgetrieben ist, dass man annehmen darf, die Röhre sei entleert, so zieht man sie heraus und fasst mit einem Krätzer den Pfropfen, der gleichfalls entfernt wird. Alsdann füllt man die Röhre wieder mit Mörtel an und wiederholt dieselbe Operation. Dieses geschieht so lange, bis der Mörtel in ganz zusammenhängender Masse aus der untern Oeffnung des Canales hervortritt, oder wenn man wegen des hohen Wasserstandes in der Baugrube sich hiervon nicht unmittelbar überzeugen kann, bis die eingespritzte Quantität Mörtel überreichlich genügt, um den ganzen Inhalt des Canales zu füllen. Der Mörtel kann nunmehr von der Quelle nicht sobald durchdrungen werden, weil das Wasser auf eine zu grosse Länge sich einen Weg hindurchbahnen müsste. Am sichersten ist es, diese ganze Operation vorzunehmen, während die Baugrube mit Wasser angefüllt bleibt, also in einer Zeit, wo die Quellen gar nicht wirksam sind. Nach einiger Zeit ist der Mörtel schon so steif geworden, dass alle Besorgniss in dieser Beziehung verschwindet. Auf solche Art wird der Wasserlauf nicht nur vollständig gesperrt, sondern das Mauerwerk auch durch eine ähnliche Masse ersetzt, so dass der frühere Canal kaum noch als eine schwache Stelle angesehn werden kann. Dieses Verfahren ist so sicher, dass man bei einiger Uebung und einiger Vorsicht in seinem Gebrauche wegen des Erfolges nicht besorgt sein darf; es missglückt nie, wenn der Canal in seiner ganzen Länge und in beiden Mündungen gehörig geöffnet war. Wenn dagegen diese Bedingungen nicht

erfüllt sind, so darf man auch auf einen günstigen Erfolg nicht rechnen, und namentlich glückt es nicht, in enge und abgesperrte Räume den Mörtel einzubringen; hieraus erklärt es sich auch, weshalb die Versuche, das Bétonbette selbst mit eingespritztem Mörtel zu dichten, immer erfolglos geblieben sind*).

Zuweilen ereignet es sich, dass man während des Baues und so lange die Baugrube noch trocken erhalten werden muss, die Quellen, welche durch das Bétonbette hindurchbrachen und die man in Canälen durch die Uebermauerung geleitet hat, nicht absperren darf, ohne das Bétonbette selbst in Gefahr zu bringen; namentlich ist dieses der Fall, wenn das letzte schon früher zerbrochen war und es sich mit der Uebermauerung in der Mitte hebt, sobald die Quellen in ihrem vollen Drucke von unten dagegen wirken. Es geschah dieses bei einem Schleusenbau, woselbst nicht nur der Boden sich bewegte, sondern auch die darauf stehenden Bétonfangedämme, jenachdem der Wasserdruck gegen den Boden wirksam war oder nicht, sich in ihrem obern Theile noch um ½ Zoll nach der innern und äussern Seite bewegten. Glücklicherweise hat diese Schleuse nach ihrer Vollendung nur einen sehr unbedeutenden Wasserstand abzuhalten, so dass man keine Besorgniss für die Zukunft hegen darf, dieser Umstand zeigt aber, wie wichtig es ist, einen vollständigen Bruch des Bétonbettes zu verhindern und deshalb beim Anwachsen des Grundwassers den Boden nicht einem zu starken Drucke auszusetzen.

Um das Durchdringen der Quellen durch das Bétonbette zu verhindern, wie sich dieses häufig zu zeigen pflegt, hat man in Frankreich wiederholentlich versucht, den **Béton** nicht unmittelbar auf den Boden der Baugrube, sondern vielmehr auf eine ausgespannte und versenkte **Leinwand** zu **schütten**, die vorher wasserdicht gemacht worden. Die Idee hierzu soll zuerst

---

*) In den *Annales de ponts et chaussées* befinden sich über diesen Gegenstand zwei Aufsätze, der eine ist von Charrié verfasst (1836. II. *p.* 236.), der andere von Raynal (1837. I. *p.* 50.); die vorstehende Beschreibung des Verfahrens verdanke ich jedoch grossentheils der sehr gefälligen mündlichen Mittheilung des rühmlichst bekannten *Ingénieur en chef Mary* in Paris, der ähnliche Arbeiten vielfach geleitet hat.

on Treussart herrühren; sie ist mehrfach, und wie es scheint, nmer mit günstigem Erfolge angewendet worden, weil eines Theils die im Bétonbette etwa vorkommenden schwachen und ndichten Stellen vor dem ersten Hinzutreten der feinen Wasser-dern gesichert bleiben, auch verhindert die Leinwand die Ab-lösung des Schlammes von der Oberfläche des natürlichen Bodens und die Verunreinigung des Bétons durch denselben. Bei den Schleusenbauten in dem Ardennen-Canale hat man besonders hiervon Gebrauch gemacht und eine starke und mehrfach mit Theer bestrichene Leinwand benutzt; um dieselbe aber gegen Beschädigung durch die scharfen Ecken der Steine zu sichern, hat man sie sowohl von oben, als auch von unten durch Lagen gewöhnlicher Leinwand bedeckt. Eine andere Vorsichtsmaasregel, die bei der Schleuse zu Brienne noch in Anwendung kam, bestand darin, dass man kurze Holzstücke in dünnen Bündeln mehrfach unter der Leinwand und zwar senkrecht gegen die Längenaxe der Schleuse befestigte, um auf diese Art den Quellen einen Seitenabfluss wie in Rigolen zu eröffnen. *) Eine solche Anordnung dürfte aber auf einem stark durchdringlichen Boden, wo vorzugsweise die Bétonfundirungen ihre Anwendung finden, ganz überflüssig sein.

Das vorstehend beschriebene Verfahren bei Bétonfundirungen bezog sich zunächst auf den Fall, dass der Baugrund sehr sandig ist und bei einer starken Senkung des Grundwassers aufgelockert wird und dadurch an Tragfähigkeit verliert. Die erwähnten Methoden bleiben aber ganz unverändert, wenn man bei einem festen Baugrunde wegen der Reichhaltigkeit der zudringenden Quellen zu dieser Fundirungsart gezwungen ist. Namentlich tritt der letzte Fall in einem klüftigen Kalkboden häufig ein, und ebenso in jedem andern Felsboden im Flussbette selbst, oder in grosser Nähe desselben. Auch hier lässt sich durch Ausführung des Bétonbettes und der Béton-Fangedämme eine bequeme Baustelle am leichtesten darstellen, und es bleibt hierüber nur zu erwähnen, dass in solchen Fällen vor der Versen-

---

*) Ueber die Anwendung der wasserdichten Leinwand zu diesem Zwecke handelt besonders ein Aufsatz von Barré de Saint-Venant in den *Annales des ponts et chaussées.* 1834. *I. p.* 125.

kung des Bétons häufig nicht nur der natürliche Boden stellenweise auszubrechen, oder auf andere Art zu entfernen ist, sondern dass die darin befindlichen Vertiefungen auch gefüllt werden müssen. Dieses geschieht am besten durch eine Steinschüttung, welche man unter Wasser anbringt und demnächst mit feinerem Kiese überdeckt, worauf die Bétonschichten versenkt werden.

Zuweilen hat man auch den Béton zur Darstellung hoher Mauermassen unter Wasser benutzt, und besonders zu Brückenpfeilern in tiefen Flussbetten. Das Verfahren ist hierbei dieses, dass man den ganzen Raum für die Pfeiler mit einer Spundwand oder auch wohl nur mit einer andern ziemlich dichten Wand umgiebt; wenn aber auch Fugen von etwa 1 Zoll Weite darin vorkommen, so wird noch immer keine merkliche Quantität Béton hindurchfliessen. Der so umschlossene Raum wird so tief ausgebaggert, dass man keine Unterspülung des fertigen Pfeilers besorgen darf; alsdann geht man zur Versenkung des Bétons über und setzt dieselbe so weit fort, bis man nahe unter dem kleinsten Wasserstande das gewöhnliche Mauerwerk beginnen kann. In dieser Höhe pflegt man die Stärke des Pfeilers bedeutend zu vermindern, und sonach gewinnt man hier hinreichenden Raum, um eine leichte Umschliessung des Pfeilers etwa durch einen kleinen Bétonfangedamm oder durch eine schwache Ziegelmauer vorzunehmen, und im Schutze derselben etwa einen Fuss tief, oder auch wohl noch tiefer, das Wasser über dem Pfeiler auszuschöpfen.

Dieses Verfahren setzt voraus, dass die Pfahlwand in den Boden eingerammt werden kann, wobei möglicher Weise ein Pfahlrost, oder eine andere Fundirungsart, sowie die Anlage von Fangedämmen, noch denkbar bleibt; wenn dagegen ein zusammenhängender Felsgrund das Flussbette bildet und derselbe sehr unregelmässig gestaltet ist, auch wohl vielfache Klüfte und Spalten sich darin vorfinden, wodurch ein heftiger Wasserzudrang unterhalten und jeder Versuch zur Trockenlegung der Baustelle vereitelt wird, alsdann zeigen sich alle bisher erwähnten Fundirungsarten als ganz ungenügend, und selbst die eben beschriebene Fundirung in Béton wird schwierig, indem es nicht leicht ist, den Raum hinreichend dicht zu umschliessen. Man hat in Frankreich in solchen Fällen zuweilen eine Umschliessung noch auf

dargestellt, dass man von leichten Rüstungen, die zum
nur auf Böcken lagen, Löcher in die Felsen bohrte, welche
cken des Brückenpfeilers entsprachen, oder die in die
ng der Seitenflächen desselben trafen. In diese Löcher
man passende Pfähle ein und versenkte an denselben dop-
Zangen, welche die Pfahlreihe umfassten und auf diese
was Aehnliches darstellten, wie die Zwingen, die man beim
mmen der Spundwände benutzt. Aehnliche Zwingen wurden
nn auch über Wasser an die Pfähle angebracht und damit
olzt. Nunmehr konnte man die einzelnen Pfähle, welche
dicht schliessende Wand darstellen sollten, zwischen beide
re Zwingen einstellen und indem sie sämmtlich bis zum Bo-
herabgeschoben wurden, so schlossen sie sich an die Un-
enheiten des Grundes an, und die Versenkung des Bétons,
wie die weitere Ausführung des Pfeilers konnte in der be-
hriebenen Art vorgenommen werden. Dieses Verfahren ist bei
er Brücke zu Souillac, sowie auch bei der Schleuse zu Grafft
Ausführung gebracht. *) Noch ist zu erwähnen, dass man
uweilen die Zwischenräume zwischen den Pfählen eines Rostes
nit Béton angefüllt hat.

Endlich muss angeführt werden, dass man in neuerer Zeit
len Béton häufig und namentlich in Frankreich nicht nur unter
Wasser, sondern auch in solchen Fällen anwendet, wo ein ge-
wöhnliches Mauerwerk ausführbar wäre. So hat man die B a s-
i n s zu W a s s e r l e i t u n g e n verschiedentlich ganz a u s B é t o n
rbaut: das Reservoire Racine in der Strasse gleiches Namens
n Paris, das in drei Abtheilungen 6000 Cubikmeter (194000
Cubikfuss) fasst, ist in dieser Art construirt. Der Baugrund
war hier so schlecht, dass man mit den Fundamenten der Pfeiler,
lie wieder nur aus Béton bestehn, 15 Fuss tief herabgehn musste.
Zwischen diese Pfeiler sind Kreuzgewölbe von etwa 10 Fuss
Weite gespannt, die allein aus Béton bestehn und mit ihrer
Uebermauerung den Boden des Bassins bilden. Sie hatten sich
gut gehalten und man bemerkte nur hin und wieder die Bil-
lung einzelner Tropfen an der untern Fläche dieser mit einem
10 Fuss hohen Wasserstande belasteten Gewölbe. Es war die

---

*) *Collection de dessins, relatifs à l'art de l'Ingénieur.*

Absicht, die Bassins von innen mit einer festen Cementschicht zu überziehn, die natürlich auch von Zeit zu Zeit ausgebessert werden sollte. Hierbei zeigte sich aber der Uebelstand, dass auf dem Béton kein Ueberzug sicher haftet, und aus diesem Grunde hat man das später ausgeführte Bassin Vaugirard neben dem Boulevard des Invalides mit Wänden umgeben, die zwar im Innern aus Béton bestehn und von beiden Seiten mit Stücken des sehr porösen Mühlsteines, der an der Marne bricht, verkleidet sind. Auf diesen haftet der Ueberzug aus Roman Cement sehr gut, und lässt sich daran, so oft es nöthig ist, auch erneuern. Dieses letztgenannte Bassin besteht aus zwei Abtheilungen und fasst im Ganzen 10000 Cubikmeter oder 323000 Cubikfuss; es wird durch dieselben Leitungen aus dem Ourcq-Canale gespeist, welche die Springbrunnen auf dem Place de la Concorde mit Wasser versehn, und zwar geschieht die Füllung dieses Bassins nur während der Nacht, wenn die Springbrunnen nicht fliessen. Die Mauern des Bassins Vaugirard sind 16 Fuss hoch, oben 5 Fuss breit, zu beiden Seiten stark dossirt und unten mit einer überwölbten Galerie umgeben, durch welche man die Filtrationen um so leichter zu entdecken und deren nachtheiligen Einfluss auf die umgebenden Grundstücke zu beseitigen hofft.

§. 48.

Fundirung in Caissons.

Man kannte schon im Alterthume das Verfahren, in tiefes Wasser Schiffe zu versenken und dadurch künstlich einen Baugrund zu bilden, worauf Gebäude und namentlich Hafendämme gestellt wurden. Diese Constructionsart hängt mit der später vielfach angewandten Fundirungsart in Caissons nahe zusammen, und letztere ist nur als eine Vervollkommnung der ersten Methode zu betrachten. Wenn man ein Schiff, das im Wasser schwimmt, nach und nach mit Steinen anfüllt, oder noch besser, wenn man es gehörig ausmauert, so wird diese Arbeit, so lange das Schiff noch schwimmt, ganz im Trocknen ausgeführt werden können, und wenn man später das Wasser hineintreten lässt, so sinkt das ganze Mauerwerk mit dem Schiffe herab. Man erreicht

solche Art den Vortheil, dass man eine grosse zusammen-
gende Masse darstellt, welche zum Tragen des Oberbaues
geeigneter ist, als eine lose Steinschüttung, und besonders
d sie ein sicheres Fundament bilden, wenn das Schiff sich
elmässig senkt und mit einer grossen Basis auf dem Grunde
steht. Benutzt man hierbei statt gewöhnlichen Schiffe solche,
besonders zu diesem Zwecke erbaut sind, so wird man ihnen
n flachen Boden und senkrechte Wände geben. Der erstere
tritt alsdann die Stelle des Rostes, und die letzteren sind nur
rend des Baues selbst, wo sie als Fangedämme dienen, von
zen; man wird sie also in der Art befestigen, dass sie sich
oben lösen und entfernen lassen, und man kann sie alsdann
h noch bei andern ähnlichen Schiffen oder Caissons benutzen.
ist nicht zu leugnen, dass dieses Verfahren die Schwierig-
ten einer Fundirung in tiefem Wasser wesentlich vermindert,
l es fand daher besonders in Frankreich und England viel-
he Anwendung. In Deutschland ist davon nur selten Gebrauch
acht worden, aber auch im Auslande ist man in der neusten
t, nachdem die Bétonfundirung üblich geworden ist, hiervon
ahe ganz zurückgekommen, wozu wohl die Unfälle wesent-
beigetragen haben, welche bei den in Caissons fundirten
werken sich häufig ereigneten. Aus diesen Gründen dürfte
sich nicht mehr rechtfertigen, die Methode noch umständlich mit
n dabei vorkommenden Modificationen zu beschreiben, es wird
mehr genügen, das Verfahren im Allgemeinen zu bezeichnen.
Zunächst entsteht die Frage, ob man den Boden des Cais-
s unmittelbar auf den gehörig geebneten Grund, oder auf
hle stellen soll. Im ersten Falle vertritt der hölzerne Boden
Stelle eines liegenden Rostes und im zweiten die eines Pfahl-
tes. Beides kommt wirklich vor. Wenn man den Kasten
mittelbar auf den Grund stellt, so muss letzterer geebnet
so tief gegen das umgebende Flussbette gesenkt werden,
keine Unterspülung eintreten kann. Zu diesem Zwecke
giebt man die Baustelle mit einem leichten Fangedamme, der,
nn er auch nicht wasserdicht ist, doch wenigstens das heftige
chströmen verhindern muss, weil der starke Strom immer
d und Kies herbeiführen und dadurch die regelmässige Bag-
ung unmöglich machen würde.

De Cessart, der besonders die Fundirung in Caissons vielfach angewendet und empfohlen und ihre Vorzüge namentlich in Bezug auf Kostenersparung wiederholentlich gerühmt hat, wendet beim Bau der Brücke zu Saumur folgendes Verfahren an. Zwei Reihen Pfähle wurden in einigem Abstande ringsum die Brückenpfeiler eingerammt, und der Zwischenraum zwischen beiden Pfahlreihen mit Senkfaschinen gefüllt, das ist mit Faschinen, in welche Steine eingebunden waren, die sich also durch ihr eignes Gewicht fest in einander lagerten und dadurch ein starkes Durchströmen des Wassers verhinderten. In solcher Art wurde die Baugrube indessen nicht ringsum abgeschlossen: es befand sich vielmehr auf der von dem Strome abgekehrten Seite noch eine Oeffnung, um den Kasten hineinzubringen. Nachdem diese Umschliessung bewirkt war, wurde die Baugrube durch Ausbaggerung vertieft, und sobald man die gehörige Tiefe erreicht hatte, erfolgte die Ausebnung des Grundes, damit der Boden des Caissons überall gleichmässig zum Tragen kommen konnte. Dieses geschah, indem die tieferen Stellen mit Kies gefüllt, oder auch wohl der ganze Raum mit Kies beschüttet und alsdann die Oberfläche desselben mit einer Schiene horizontal abgestrichen wurde. *)

Wenn dagegen das Caisson **auf Pfähle** gestellt werden soll, so kommen wieder die beiden Fälle vor, dass nämlich entweder der Rost bis zum Flussbette und vielleicht auch noch tiefer versenkt wird, oder dass man ihn nur eben unter den niedrigsten Wasserstand bringt. Das letzte Verfahren ist jedenfalls das bequemere, dabei tritt aber der Uebelstand ein, dass man die Zwischenräume zwischen den Pfählen, wie §. 35 bereits erwähnt worden, nicht gehörig ausfüllen und gegen ein Ausspülen sichern kann; man pflegt alsdann wohl die Rostpfähle mit einer Spundwand zu umschliessen, und wenn der innere Raum gehörig ausgefüllt ist, eine Steinschüttung rings um die Spundwand anzubringen. Wenn dagegen bei Anwendung der Rostpfähle die Versenkung des Rostes bis unter das Flussbette stattfinden soll, so muss man wieder den leichten Fangedamm darstellen und die Baggerung so tief herabführen, dass man mit der Grundsäge

*) De Cessart, *travaux hydrauliques. Vol. I.* Paris 1806.

die Pfähle in der gehörigen Tiefe abzuschneiden im Stande ist. Hierauf werden die Zwischenräume zwischen den Pfählen gehörig ausgefüllt und in einer geringen Höhe über den Pfahlköpfen horizontal abgestrichen. Dass dabei die Kiesschüttung über die Pfähle noch etwas vorragt, wird nicht als nachtheilig angesehn, weil sie sich noch setzt oder eingedrückt wird und man dadurch dem Entstehen hohler Räume unter dem Roste vorzubeugen glaubt.

Die Dimensionen der Caissons müssen der Grösse des darin auszuführenden Bauwerkes entsprechen, doch kann man natürlich sehr lange Kaimauern nicht in einzelnen Caissons ausführen, man muss vielmehr darin eine Trennung vornehmen und die einzelnen Theile mit einander möglichst zu verbinden suchen, wovon später die Rede sein wird. Die Höhe der Wände muss ferner so gewählt sein, dass dieselben nach der Versenkung bis über das niedrigste Wasser vorragen und man sonach darin den Bau bis über Wasser ausführen kann. Findet auf der Baustelle Ebbe und Fluth statt, so pflegt man den Wänden der Caissons nur eine solche Höhe zu geben, dass das Mauerwerk beim Versenken bis über den Wasserstand der Ebbe reicht. Bei der Spülschleuse zu Dieppe, die de Cessart baute, war die Anordnung in dieser Art getroffen. So lange das Caisson noch schwimmt, so hebt es sich mit der Fluth und sinkt mit der Ebbe, sobald man es aber versenken will, so wird während der Fluth das Wasser eingelassen, und nur bei niedrigem Wasser kann man den Bau weiter fortsetzen. Dass die Wände gehörig stark sein müssen, um einem Wasserdrucke, der ihrer Höhe entspricht, zu widerstehn, darf kaum erwähnt werden.

Die Construction des Bodens ist von der Aufstellungsart des Caissons abhängig. Wenn keine Rostpfähle vorkommen und sonach der ganze Boden gleichmässig trägt, so werden die Balken nur von unten mit Bohlen verkleidet, wenn dagegen Pfähle eingerammt sind, so ist es dringend nöthig, dass die sämmtlichen Köpfe derselben auf die Balken treffen, und man muss alsdann das Einrammen zwischen gewissen versenkten Lehren vornehmen, wodurch man allein in einer grösseren Tiefe unter Wasser eine regelmässige Lage der Pfahlköpfe erreichen kann. Vortheilhafter ist jedoch die Methode, die man in neuerer Zeit in Frankreich angewendet hat, wonach der Boden des Caissons nicht mit Bohlen

verkleidet, sondern aus einer dichten Balkenlage gebildet wird. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass jeder Pfahlkopf, wo er sich auch befinden mag, vollständig zum Tragen kommt. Eine Verbindung des Pfahles mit dem Boden des Caissons, oder mit den Rostschwellen durch Zapfen, oder auf andere Art, lässt sich nicht darstellen, sie ist auch unnöthig, indem das grosse Gewicht des fertigen Baues ein Verschieben ganz undenkbar macht und die Pfähle sich auch wirklich etwa einen halben Zoll tief einzudrücken pflegen.

Fig. 259 zeigt die Construction eines Caissons, wie solches bei mehreren neuern Brücken in Paris benutzt worden ist. Fig. 259 *a* stellt auf der linken Seite den Boden und auf der rechten Seite die Ansicht von oben dar; Fig. 259 *b* und *c* zeigen dagegen rechts die Seiten- und die vordere Ansicht, und links die beiden Durchschnitte. Der Boden besteht aus einer geschlossenen Balkenlage, welche der Länge nach durch fünf Gänge von starken Bohlen verbunden und die ausserdem noch durch einen Rahmen umschlossen ist, worin die sämmtlichen Balken mit Zapfen eingreifen. Zur Verbindung der Balken mit dem Rahmen dient eine grosse Anzahl Schraubenbolzen, die in die ersteren eingelassen sind. Der erwähnte Rahmen ist zugleich Schwelle für die Seitenwände. Letztere bestehn aus Stielen und Streben, zwischen welchen in vorgerichtete Nuthen Bohlenstücke eingeschoben sind. Rahmstücke bedecken das Ganze. Um diese Wand gehörig mit dem Boden zu verbinden, sind an dem Rahmen, der den Boden umgiebt, starke eiserne Haken angebracht: in diese greifen eiserne Zugstangen ein, die oben, wo sie mit Schraubengewinden versehn sind, durch den obern Rahmen der Wand, oder durch die darauf liegenden Zangen hindurchgreifen und mittelst Schraubenmuttern dagegen befestigt werden. Fig. 260 zeigt eine solche Zugstange nebst dem Haken. Sobald man die Wände nach dem Versenken des Caissons entfernen will, so darf man nur die Schraubenmuttern über den Zugstangen lösen und letztere herausnehmen, alsdann steht die Wand nur noch mit den Zapfen der Stiele und Streben in der Schwelle und ist leicht zu entfernen. Endlich wäre noch auf die Zangen in der Oberfläche aufmerksam zu machen, wodurch das Einbiegen der Wände verhindert wird.

Die Erbauung solcher Caissons erfolgt, wie die der

Schiffe, auf Hellingen oder geneigten Ebenen am Ufer, von wo sie leicht in das Wasser herabgleiten, doch ist hierbei eine grosse Vorsicht nöthig, weil sie bei ihrer Länge und bei der schwachen Verbindung, die man ihnen nur giebt, leicht brechen. Um sie gehörig wasserdicht zu machen, wird jede einzelne Fuge ebensowohl im Boden, wie an der Seite, von aussen durch eingetriebenes Werg gedichtet und demnächst mit heissem Pech übergossen. Gewöhnlich erhalten die Caissons an einer Seite noch ein Schütz, damit man beim Versenken das Wasser sanft einlassen kann, und einige Pumpen, die gleichfalls aufgestellt sind, dienen theils dazu, das eindringende Wasser zu entfernen, und theils auch, falls es nöthig sein sollte, die Caissons nach der Versenkung nochmals zu heben, um sie etwa noch genauer einzurichten.

Ueber die Ausführung des Mauerwerks in den Caissons ist noch zu bemerken, dass dieses sehr gleichmässig vertheilt werden, oder dass man wenigstens durch eine sonstige Beschwerung für eine gleiche Belastung aller Theile sorgen muss, weil sonst leicht ein Bruch erfolgen kann. Sobald der Grund, auf dem das Caisson aufstehen soll, gehörig ausgeglichen ist, so pflegt man das letztere sogleich darüber zu führen, auch es möglichst bald mit Wasser zu füllen und zu versenken. Man bemüht sich immer, den Bau so anzuordnen, dass die Maurerarbeit in dieser Zeit weit genug gediehn ist, um die Versenkung gleich erfolgen zu lassen, weil die erwähnte Ausebnung ihre Regelmässigkeit bald verliert. Wenn das Caisson an der passenden Stelle steht, so wird die nöthige Beschwerung desselben durch Aufpacken von Steinen auf eine darüber angebrachte Rüstung vorgenommen und man pumpt das eingelassene Wasser heraus. Auf diese Art kann man im Schutze der Seitenwände, wie zwischen Fangedämmen, das Mauerwerk bis zur gehörigen Höhe herausführen. Zuweilen lässt man aber auch beim Versenken gar kein Wasser hinein und bewirkt dieses vielmehr nur durch die aufgebrachte Beschwerung; man erreicht dadurch den Vortheil, dass das Mauerwerk schneller bindet. Jedenfalls leidet das Caisson weit weniger, wenn es möglichst bald versenkt wird, als wenn man es lange Zeit hindurch mit dem begonnenen Mauerwerke schwimmen und es wohl gar, wenn Ebbe und Fluth stattfindet, abwechselnd immer auf den Grund setzen lässt.

Wenn man das ganze Bauwerk nicht in einem einzigen Caisson ausführen kann, was namentlich bei Kaimauern der Fall ist, so muss man für die gehörige Verbindung der besonders fundirten Theile sorgen. De Cessart spannte zu diesem Zwecke nach der Entfernung der Caissonwände Bogen von der einen Mauer zur andern und zwar in solcher Tiefe, als der Wasserstand irgend zuliess. Dabei sind aber die Oeffnungen unter den Bogen nicht gehörig zu schliessen und daher dürfte ein anderes Verfahren den Vorzug verdienen, welches Lamandé bei den Kaimauern in Paris anwandte. Derselbe suchte nämlich die Zwischenräume zwischen den langen Wänden zweier neben einander versenkten Caissons durch vorgeschlagene Pfähle und leichte Fangedämme möglichst zu dichten, worauf die beiden nächsten Wände an den schmalen Seiten entfernt wurden, so dass beide Caissons sich in einen verwandelten. Hierauf konnte man das Intervall der Mauer vom Grunde aus aufführen, und damit nicht die Wände der sämmtlichen Caissons stehn bleiben durften und die ganze Baugrube sich zu sehr ausdehnte, so wurde jedesmal in der Nähe der Stelle, die man auf solche Art ausmauern wollte, der Raum zwischen der langen Wand des Caissons und dem fertigen Mauerwerk geschlossen. Der wasserfreie Raum umfasste also jedesmal nur diejenige Stelle, woselbst die Verbindung darzustellen war.

Ende des ersten Theiles.

Im Verlage der

Gebrüder Bornträger in Königsberg

ist vom Verfasser dieses Werkes,

dem Herrn Geh. Oberbaurathe ***Hagen*,**

erschienen:

Desselben Werkes zweiter Theil — die Ströme enthaltend. 3 Bände mit 56 Kupfertafeln in Folio. 1844 bis 1851.
17 Thlr. 18 Sgr.

Beschreibung neuer Wasserbauwerke in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und der Schweiz. Mit 2 Kupfern.
1 Thlr. 20 Sgr.

Ferner erschien in demselben Verlage:

Roesselt, F., Handbuch der Geographie für die Gebildeten des weiblichen Geschlechts. 3 Bände. Vierte sehr stark vermehrte und verbesserte Aufl. gr. 8. 1851. Brosch. 4 Thlr. 24 Sgr.

Rosenkranz, K., Göthe und seine Werke. gr. 8.
Broschirt 2 Thlr. 15 Sgr.

— — die Topographie des heutigen Paris und Berlin. gr. 8. 1850. Broschirt 15 Sgr.

— — System der Wissenschaft. Ein philosophisches Encheiridion. gr. 8. 1850. Broschirt 2 Thlr. 20 Sgr.

— — Psychologie oder die Wissenschaft vom subjectiven Geist. Zweite sehr verbesserte Auflage. Nebst Widerlegung der vom Herrn Dr. Exner gegebenen vermeintlichen Widerlegung der Hegelschen Psychologie. gr. 8. 2 Thlr. 7½ Sgr.

— — das Centrum der Speculation. Eine Comödie. 8. Geh.
Ladenpreis 20 Sgr.

— — Kritische Erläuterungen des Hegelschen Systems. Gr. 8.
Ladenpreis 1 Thlr. 25 Sgr.

— — Zur Geschichte der deutschen Literatur. gr. 8.
Ladenpreis 1 Thlr. 15 Sgr.

Schubert, F. W., Handbuch der allgemeinen Staatskunde von Europa. I.—7. Theil. 1. Thl. Russland. 2. Thl. Frankreich und das brittische Reich. 3. Thl. Spanien und Portugal. 4. Thl. die italienischen Staaten. 5. Thl. die österreichischen Staaten. 6. und 7. Thl. Preussen. 4.
16 Thlr. 25 Sgr.

Barthold, F. W., der Römerzug König Heinrichs v. Lützelburg. In sechs Büchern dargestellt. 2 Theile. gr. 8. 2 Thlr.

Bessel, F. W., Tabulae Regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 usque ad annum 1850. 8. maj. 6 Thlr. 20 Sgr.
— — Astronomische Untersuchungen. 1. und 2. Band. gr. 4. 10 Thlr. 20 Sgr.

Blumauer's, A., sämmtliche Werke. Neue Aufl. in 7 Bänden. 8.
Sauber cartonnirt. 2 Thlr.
Mit Kupfern, fein cartonnirt. 2 Thlr. 15 Sgr.
Taschen-Ausgabe in 4 Bänden. Cartonnirt 1 Thl. 15 Sgr.
Dieselbe Velinpapier. 2 Thlr.
— — Virgils Aeneis travestirt. 3 Bändchen. 8. 1 Thlr.
Velinpapier mit Kupfern. 2 Thlr.
— — sämmtliche Gedichte. 4 Bändchen. 8. 1 Thlr.

---

v. Bohlen, P., das alte Indien, mit besonderer Rücksicht auf Aegypten. 2 Theile. gr. 8. 4 Thlr. 10 Sgr.

Hölty, L. H. C., Gedichte. Neu besorgt und vermehrt von J. H. Voß. Neue Auflage mit deutschen Lettern. gr. 12.
Sauber cartonnirt. 26¼ Sgr.
Auf Velinpapier, schön gebunden mit Goldschnitt. 1 Thlr. 5 Sgr.

Wagenfeld, Dr. L., allgemeines Vieharzneibuch oder gründlicher Unterricht, wonach jeder Viehbesitzer die Krankheiten seiner Hausthiere auf die einfachste und wohlfeilste Weise leicht erkennen und sicher heilen kann. Siebente ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage mit einem Atlasse von 9 Stahlstichen in Querfolio mit wesentlichen Vermehrungen. gr. 8. 1850. Cartonnirt 1 Thlr. 22½ Sgr.
— — Anleitung zur Pferdekenntniß, oder die Beurtheilung des Pferdes, auch seine Vorzüge und Mängel, nebst Rathgeber für Pferdekäufer bei Untersuchung von Pferden, zur Sicherung vor Betrug 2c. Mit einem Atlasse von 13 (schönen) Kupfertafeln in Folio. 1851. 3 Thlr. 6 Sgr.

Voigt, Joh., Geschichte Preußens von den ältesten Zeiten bis zum Untergang der Herrschaft des deutschen Ordens. 9 Bde. Mit Kupfern und Karten. gr. 8. Vollständig 27 Thlr. 25 Sgr.
— — Handbuch der Geschichte Preußens bis zum Beginne der Reformation. Zweite Auflage mit Kupfern. 1851. Vollständig in 3 Bänden. 3 Thlr.

Druck und Papier der Hofbuchdruckerei in Altenburg.